



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y
COMPUTACIÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“Auditoria energética en las instalaciones eléctricas
del taller escuela, Instituto Forestal e Industrial
Latinoamericano (INFIL), correspondiente al
periodo 2017”.**

Autores:

Br. Bosco Roberto Gaitán López.
Br. Luis Adolfo Zeledón Mairena.

Managua octubre del 2017

DEDICATORIA

A nuestro padre celestial por darnos el don de la vida y permitirnos finalizar este trabajo monográfico.

A nuestros Padres por ser nuestro ejemplo de superación, quienes a lo largo de nuestra vida nos han guiado y apoyado con su cariño y compromiso hacia nosotros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos eternamente a Dios por que nos regaló la vida, voluntad y fortaleza para culminar nuestros estudios.

A nuestros padres por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida.

De igual manera le agradecemos a nuestro Tutor. Por ser nuestro guía y amigo en el desarrollo de este trabajo monográfico y ser una persona interesada en aportarnos sus conocimientos para el desarrollo investigativo de este trabajo.

A las autoridades del Taller Escuela, Programa Institucional De La Madera por permitirnos realizar este trabajo monográfico en sus instalaciones.

A todos nuestros compañeros y amigos por su apoyo incondicional y que estuvieron con nosotros en el arduo pero provechoso estudio para la realización de este Trabajo Monográfico.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo monográfico se trata del Análisis de Eficiencia Energética en las Instalaciones del taller escuela Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL), donde se brindarán opciones de mejora para optimizar el consumo energético.

El Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL), se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Se dedica al procesamiento de la madera tanto de la primera como de la segunda transformación, elaboración de muebles institucionales ergonómicos y d calidad.

De acuerdo a las mediciones eléctricas realizadas en los equipos consumidores del Infil, el 20% lo representa el extractor de viruta, 20% la iluminación, 7% el compresor 220V, 7% Regruesadora, 6% Encuadradora, 6% fresadora, 6% aires acondicionados, 5% compresor 440V, 3% sierra de banco, 3% canteadora, 1% RODAMAT y 11% los equipos pequeños. En la actualidad se ha creado el área de secado de la madera que utiliza voltaje 220 volt la energía utilizada es para la ventilación, limpieza e iluminación, sumando de esta manera 25 amperios más en fase uno y dos.

En este informe de tesis se presentan los resultados de las mediciones con los equipos que se rentaron para cumplir con este objetivo, se identificaron los puntos críticos y se realizó propuesta para mitigar estos consumos innecesarios en las instalaciones eléctricas cumpliendo con la normativa del Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua y Ministerio del trabajo.

Índice de Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	¡Error! Marcador no definido.
Objetivos específicos	¡Error! Marcador no definido.
JUSTIFICACIÓN	4
I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	6
1.1 Eficiencia Energética	7
1.2 Metodología para realizar un diagnóstico energético.	8
1.2.1 Trabajos previos de gabinetes	8
1.2.2 Recopilación de información en la instalación.....	9
1.2.3 Métodos de medición	10
1.2.4 Instrumentos de medición	11
1.2.5 Condiciones de los conductores eléctricos.....	15
1.2.6 Carga total conectada con toma corriente.....	16
1.3 Transformadores.	19
1.3.1 Especificaciones para adquirir un transformador.	21
1.4 Red eléctrica.	23
1.5 Líneas de transmisión eléctrica.	23
1.6 Voltaje.	24
1.7 Corriente eléctrica.	24
1.8 Conexión trifásica.....	25
1.9 Conexión en estrella.....	25
1.10 Conexión en delta.	26
1.11 Potencia activa.....	26
1.12 Potencia aparente.....	26
1.13 Potencia reactiva.....	27
1.14 Factor de potencia.	27
1.15 Factor de carga.....	28
1.16 Motores eléctricos.....	28
1.17 Sistema de iluminación.....	28
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	31

III.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	33
3.1	Descripción del PIMA	33
3.2	Estado actual del sistema de consumo eléctrico del PIMA.	33
3.2.1	Análisis tarifario de la factura de consumo energético	33
3.2.2	Inventario de equipos consumidores de energía	35
3.2.3	Distribución de consumo energético.....	38
3.2.4	Consumo de energía de los equipos conectados al generador, 440V	39
3.2.5	Consumo de energía de los equipos conectados al Transformador, 110 y 220V	41
3.2.6	Distribución total del consumo energético por equipos.	43
3.2.4	Análisis de motores	44
3.2.5	Sistema de iluminación.....	45
3.2.6	Condiciones del Sistema eléctrico.....	46
3.2.7	Mediciones termográfico de paneles eléctricos y equipos.....	51
3.3	Opciones de mejora de eficiencia energética	54
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES	73
	BIBLIOGRAFIA.....	74
	ANEXOS	75

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de iluminación según MITRAB.....	14
Tabla 2. Cargas por circuitos de amperios en toma corrientes.....	17
Tabla 3. Equipos conectados al generador eléctrico	37
Tabla 4. Potencia Instalada de los equipos 440V.....	40
Tabla 5. Comparación del generador actual con el calculado	41
Tabla 6. Análisis del banco de transformadores del PIMA	43
Tabla 7. Análisis de los niveles de iluminación de puestos de trabajo	46
Tabla 8. Consumo actual de energía eléctrica para iluminación	54
Tabla 9. Inversión en compra de iluminación LED	56
Tabla 10. Potencia de los equipos 440V	59
Tabla 11. Potencia de equipos 110 y 220V	59

Índice de figuras

Ilustración 1. Conductores eléctricos.....	16
Ilustración 2. Capacidad de conductores según calibre	18
Ilustración 3. Generador eléctrico de 75 kVA	34
Ilustración 4. Cantidad de equipos conectados en 110 y 220V	35
Ilustración 5. Distribución de la potencia instalada del PIMA en kW	36
Ilustración 6. Distribución de la potencia instalada de los equipos 440V (kW) ...	37
Ilustración 7. Distribución de consumo de energía eléctrica del PIMA	39
Ilustración 8. Distribución de consumo de energía de equipos en 440V	39
Ilustración 9. Distribución de consumo de energía eléctrica de equipos 110 y 220V	42
Ilustración 10. Distribución de consumo total de energía por equipos.....	43
Ilustración 11. Iluminación interior del taller.....	45
Ilustración 12. Paneles eléctricos no adecuados.....	48
Ilustración 13. Instalaciones eléctricas de máquinas en mal estado	49
Ilustración 14. Análisis termográfico del panel eléctrico 110	52
Ilustración 15. Medición de la conexión del generador eléctrico	52
Ilustración 16. Mediciones termográfico para el compresor 440V	53
Ilustración 17. Mediciones termográficas del compresor	53
Ilustración 18. Comparación del consumo actual versus el consumo después de la implementación de la opción	55
Ilustración 19. Datos de placa del compresor 440V	57

Índice de Anexos

Anexo I: Pliego tarifario del INE	¡Error! Marcador no definido.
Anexo II: Inventario de equipos eléctricos.	75
Anexo III: Calculo de distribución de consumo de energía	77
Anexo IV: Norma de iluminación para diferentes puestos de trabajo, según MITRAB	¡Error! Marcador no definido.
Anexo V: Cotizaciones del compresor.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo VI: Cotizaciones del Transformador	¡Error! Marcador no definido.
Anexo VII: Cotizaciones del Generador.....	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

Las frecuentes alzas en los costos de la energía han puesto en manifiesto el ahorro energético en muchas empresas, además se constituye como un instrumento que ofrece nuevas oportunidades de negocio y empleo.

El Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL), es un programa formado y desarrollado por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), que surgió después del huracán Félix como una alternativa de aprovechar las miles de hectáreas de árboles caídos, con la ayuda de cooperantes Nacionales y Extranjeros, para la investigación y desarrollo tecnológico de la industrialización de la madera, el cual se consolida como una instancia Académica en la industria de la transformación de la madera, ofreciendo servicios de alto nivel, así como agregación de valor a la cadena productiva del recurso maderable.

El Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL), se encuentra ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP), exactamente en el costado suroeste del recinto donde se ubica el antiguo edificio tipo UNAN, cabe destacar que este espacio no cumple con los requerimientos energéticos necesarios, para la instalación de un taller industrial, ya que fue diseñado únicamente para ser utilizado para impartir clases, asumiendo el consumo de este sector.

El edificio tipo UNAN, fue habilitado de manera temporal con el fin de albergar maquinaria para el procesamiento industrial de la madera. Este está separado en diferentes áreas tales como: Área de maquinado industrial, área de ensamble, área de pintura y Oficinas administrativas entre otras. Dentro de los elementos instalados se encuentran Maquinas industriales, iluminación, climatización, equipos de oficina etc. Los cuales demandan diferentes tipos de potencia y voltajes, para cumplir con sus funciones requeridas.

Los equipos de 110 y 220 voltios son abastecidos de la línea comercial y los de 440 voltios son alimentados por un generador eléctrico de 85 KW que solo abastece el 60% de la capacidad instalada.

El presente trabajo investigativo pretende realizar una auditoria energética, esta fase del análisis comprende un levantamiento detallado de la información técnica y censo de carga, para determinar el estado preciso en el que se encuentran las instalaciones eléctricas, las condiciones climáticas a las que se encuentra expuestas las instalaciones, máquinas y equipos eléctricos.

Se realizara un plan de mejoramiento energético, que contribuya al cumplimiento de las diferentes leyes y normas¹ que deben cumplir las instalaciones para este tipo de industria.

¹ Ley 618 (Ley general de higiene y seguridad del trabajo) y Norma CIEN (Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua)

OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Realizar una auditoría de eficiencia y propuesta de mejora energética a las instalaciones del Taller Escuela, Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL).

Objetivos específicos

- ✓ Realizar diagnóstico de la situación actual del sistema energético a las Instalaciones del Taller Escuela INFIL.
- ✓ Elaborar un análisis detallado referente al proceso productivo y el uso general de la energía.
- ✓ Verificar si las instalaciones eléctricas del Taller Escuela INFIL, cumple con las Normas CIEN y reglamentos del MITRAB.
- ✓ Realizar propuesta de mejora energética, que cumpla con las Normas CIEN y reglamentos del MITRAB.

JUSTIFICACIÓN

El Instituto Forestal Industrial Latinoamericano (INFIL) para el cumplimiento de sus actividades técnicas cuenta con maquinaria industrial que se abastece con 440 voltios, esta maquinaria es alimentada por un generador de 85 KW que supe solamente el 60% de la maquinaria industrial, generando atrasos en el cumplimiento de los pedidos demandados, ya que no pueden utilizar toda la maquinaria de manera continua.

El generador es alimentado por combustible diésel, lo cual encarece la producción de muebles. Por otra parte ya que el sistema energético del Taller Escuela INFIL, se instaló de manera provisional en el edificio tipo UNAN; los cambios realizados están generando accidentes continuos, por la mala colocación de los paneles y el cableado que en su mayoría se encuentra visible y expuesto al abundante polvo proveniente del proceso de lijado de la madera, provocando fallas en todo el sistema instalado.

El INFIL, ha sido constantemente visitado por inspectores del Ministerio del Trabajo (MITRAB), los cuales han hecho múltiples llamados de atención por no cumplir con las disposiciones mínimas en materia de higiene y seguridad en las instalaciones. Es por ello que urge realizar cambios tanto en el sistema eléctrico como en la infraestructura de acuerdo a la normas CIEN², ley 618 ³emitida por MITRAB.

² Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua

³ Ley General De Higiene y Seguridad Del Trabajo

CAPITULO I: MARCO TEORICO

Eficiencia energética⁴, La eficiencia energética se puede definir como la optimización de los consumos energéticos de una instalación, de tal manera que para realizar una misma operación se reduzca el consumo energético sin disminuir la calidad del servicio Prestado.

El objetivo de la Eficiencia Energética es relacionar los consumos de energía, tanto primaria como secundaria, con la situación actual de la empresa o rendimiento de la producción, conocer DÓNDE, CÓMO y PARA QUÉ se utiliza la energía en cada empresa, y poder actuar para la optimización de la relación productividad-consumo energético y proponer mejoras en los aspectos en los que no se esté realizando una correcta gestión energética.

I. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Los Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) cuenta con una red de distribución de energía comercial, suministrada por TSK-Melfosur.

La carga instalada existente en el PIMA en el 220, es alimentada por banco de transformador de 225 kVA trifásico en donde se encuentra ubicado en el costado Este del recinto RUPAP, exactamente por los laboratorios de Biomasa. Así mismo con un generador eléctrico de 75 kVA, que trabaja con diesel y es para alimentar a los equipos 440V.

⁴ Edinn.2010.Análisis de Eficiencia Energética.

1.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética se puede definir como la optimización de los consumos energéticos de una instalación, de tal manera que para realizar una misma operación se reduzca el consumo energético sin disminuir la calidad del servicio Prestado.

El objetivo de la Eficiencia Energética es relacionar los consumos de energía, tanto primaria como secundaria, con la situación actual de la empresa o rendimiento de la producción, conocer DÓNDE, CÓMO y PARA QUÉ se utiliza la energía en cada empresa, y poder actuar para la optimización de la relación productividad-consumo energético y proponer mejoras en los aspectos en los que no se esté realizando una correcta gestión energética.

La eficiencia energética es la reducción del consumo de energía eléctrica utilizada, pero conservando la calidad, acceso a los bienes y servicios; no debe ser confundida con el ahorro de energía eléctrica, el ahorro de energía eléctrica significa consumir menos energía eléctrica, eliminando la realización de ciertas actividades o disminuir su frecuencia y está asociado a momentos de racionamientos de energía eléctrica, lo cual puede identificarse partiendo de la realización de un censo de carga eléctrica instalada, en donde se realiza un inventario y se especifica las características técnicas de los equipos eléctricos como la potencia eléctrica y tiempo de uso con lo cual podamos calcular el consumo de energía eléctrica en el tiempo (kWh), parámetro eléctrico utilizado.

1.2 Metodología para realizar un diagnóstico energético.

La metodología de un diagnóstico energético no es una receta definida, sin embargo, los puntos estratégicos para determinar los potenciales de ahorro de energía pueden ser los siguientes.

1. Trabajos previos de gabinete
2. Recopilación de la información de la instalación.
3. Evaluación del estado energético actual de la instalación.
4. Determinación del potencial de ahorro de energía.
5. Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.
6. Evaluación económica
7. Selección de las medidas ahorradoras a implementar.
8. Aplicación de acciones correctivas

1.2.1 Trabajos previos de gabinetes

En este primer punto de la metodología se realiza principalmente la elaboración de la estrategia de trabajo. En virtud del tipo de instalación a diagnosticar, se recopila la información energética que caracteriza al usuario. Adicionalmente se hace la recopilación del entorno en el que se elabora el diagnóstico. Se obtienen los costos de las tarifas eléctricas y de los demás energéticos empleados, así como los criterios de aprobación de proyectos de la dirección de la empresa.

Se desarrolla una estrategia para analizar los siguientes equipos:

- Compresores
- Transformadores
- Motores eléctricos
- Sistemas de iluminación

- Aire acondicionado
- Procesos

Ya conocidos los procesos y equipos, se identificarán las principales variables energéticas a medir en la empresa. Se determinarán los balances de materia y energía mejor aplicables para cada proceso o equipo. Y se definirán los métodos de cálculo de las eficiencias energéticas por procesos, sistemas y equipos.

1.2.2 Recopilación de información en la instalación.

Esta es la etapa más importante del trabajo puesto que el éxito del proyecto tendrá como primer antecedente el desarrollo de una ingeniería de campo confiable, que cualifique y cuantifique la distribución de la energía en la instalación.

Durante el desarrollo de esta etapa se recopilará la información histórica por empresa y equipos, tal como, consumos de energía eléctrica, combustibles y agua. Así como de la producción global y por departamentos y tipos de productos. Además se realizarán las mediciones que sean necesarias para la evaluación de los balances de energía en unidades de proceso, sistemas y equipos. Se hará acopio de planos, listados, estadísticas etc., conque cuente la empresa, tales como:

- Diagramas unifilares;
- Instalaciones eléctricas de fuerza y alumbrado;
- Diagramas de procesos;
- Listado de los principales equipos;
- Características de diseño de los equipos objetos del presente diagnóstico
- Estadísticas de la producción
- Costumbres de operación de la instalación, área, proceso, equipo

Para cada sistema o proceso se recopilarán la cantidad de energéticos internos y externos consumidos por unidad de carga procesada energía eléctrica y otros. Los levantamientos se realizan de las principales variables energéticas en procesos, sistemas y equipos, tales como:

- kW
- kWh
- Corriente eléctrica
- Voltaje
- kVAR
- kVARh
- Factor de potencia
- Temperatura
- Humedad

Con las cuales se podrá evaluar la operación actual de los equipos y procesos involucrados en la empresa.

El diagnóstico energético; se contempla realizarlo desde la generación de energía eléctrica hasta los centros de consumo. Se evaluarán los equipos y procesos involucrados, a partir de los transformadores, los tableros o CCMs, hasta llegar al usuario final, pasando por la transmisión.

Esta evaluación permitirá deducir los beneficios de energía y uso ineficiente, tal como costumbre de operación o desconocimiento de una operación adecuada equipos viejos, obsoletos y tecnología reemplazable.

1.2.3 Métodos de medición

“Lo que no se puede medir, no se puede mejorar”

Para las ciencias físicas: medir significa “asignar números a objetos y eventos de acuerdo a reglas” (Stevens, 1951).

Toda medición eléctrica se realiza considerando los riesgos potenciales a la seguridad personal. Recuerde siempre considerar el riesgo al que se está expuesto de la siguiente manera.

1. Evalúe el riesgo.
2. Analice el riesgo.
3. Actúe seguro.

Utilice siempre los aparatos de medición adecuados y el EEP (Equipo de Protección Personal) para la realización de mediciones eléctricas.

Según la ley 618 en su Arto. 152 establece que al realizar trabajos en equipos o circuitos eléctricos, el empleador debe suministrar las siguientes herramientas y equipos de trabajo, entre otros:

- a) Verificadores (detectores) de ausencia de tensión
- b) Pértigas de expoxiglas (fibra de vidrio).
- c) Alfombras aislantes, plataformas aislantes
- d) Mangueras protectoras.
- e) Escaleras portátiles de fibra de vidrio o madera.

1.2.4 Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son dispositivos, los cuales nos permiten medir magnitudes eléctricas (Voltaje, Corriente, Potencia, entre otros); en donde antes de realizar las mediciones correspondientes se debe conocer las características principales de estos, como funcionan, condiciones máximas de operación entre otras.

Para el desarrollo óptimo del análisis de eficiencia energética es necesaria la utilización de equipos medición los cuales nos darán información acerca de la

calidad en el suministro de energía eléctrica, y magnitud de cada uno de los parámetros eléctricos del sistema; los equipos propuestos a utilizar para la realización de este trabajo monográfico.

Cabe señalar que cada equipo de medición utilizada cumple con los parámetros estándar para la medición eléctrica, con los cuales obtendremos información más acertada de los parámetros del sistema eléctrico del PIMA. En donde se tiene cargas clasificadas en: iluminación, climatización, motores, entre otros.

Las mediciones se realizan con ayuda de los siguientes equipos:

- Analizador de redes eléctricas programable, que mide, calcula y registra en memoria (y/o impresora) los principales parámetros eléctricos en sistemas monofásicos y trifásicos.
- Multímetros y potenciómetros.
- Termómetros.
- Luxómetros para medir niveles de iluminación.

a) Analizadores de redes eléctricas

Estos instrumentos de medición de redes eléctricas son programables, los cuales miden los siguientes parámetros:

- Corriente de fase I1, I2, I3 y se calcula la corriente trifásica 1,2, 3
- Voltaje entre fases: V1-2, V1-3, V2-3 y se calcula el voltaje trifásico 1-2-3.
- Factor de potencia trifásico (F.P. trifásico)
- Aportación de corrientes armónicas
- Potencia Eléctrica Activa Total o trifásica (kW totales).
- Potencia Eléctrica Reactiva Total o trifásica (kVAR).

Además registran en memoria (y/o impresora) estos parámetros en sistemas monofásicos y/o trifásicos. La programación puede realizarse para que las mediciones se realicen cada minuto, 5 minutos, 15 minutos durante un periodo de 24 horas, 48 horas, 72 horas, etc., e inclusive algunos de estos equipos pueden registrar cada 125 milisegundos esto puede de gran utilidad para determinar el comportamiento en el arranque de algún equipo en particular.

Los analizadores de redes son una herramienta de medición muy importante para el análisis de la energía eléctrica, tal como en los siguientes puntos:

- Analizar cómo es usada la energía y el costo que esta representa.
- Análisis de la demanda máxima.
- Análisis de la calidad de la energía.
- Análisis de armónicos.
- Problemas de distribución y equipos eléctricos.
- Índice de carga de transformadores.
- Análisis de motores eléctricos.
- Para la localización de fallos, antes de que éstos se vuelvan costosos o perjudiciales. Los problemas de difícil localización la causa de transformador sobrecalentado, un conductor neutro sobrecargado, un tablero eléctrico vibrante.
- El analizador de redes es idóneo para análisis y la optimización del rendimiento de los sistemas de potencia.

b) Luxómetro

Es un instrumento que se utiliza para medir la iluminación o nivel de iluminación (lux). Los datos obtenidos se comparan con los niveles recomendados en la ley 618. Esta ley establece un valor de iluminación media

para cada tarea, por debajo del cual no se puede caer el nivel de iluminación, independientemente de la antigüedad y el estado de la instalación.

Ministerio de trabajo compilación de leyes y normativas en materia de higiene y seguridad del trabajo (1993 – 2008).

Tabla 1. Niveles de iluminación según MITRAB

No	Áreas	Nivel Lux
1	Sub-terráneos	20
2	Zona de paso	20
3	Salida de emergencia	100
4	Instalaciones eléctricas	200
5	Polvorín	20
6	Estación de bombeo	300
7	Reposaderas	200
8	Área de primeros auxilios	20
9	Talleres	300
10	Laboratorios	300
11	Oficina	300
12	Almacenes	100
13	Sala de maquinas	200

Fuente: Compilación de leyes y normativas de higiene y seguridad Nicaragua

El Código de Instalaciones Eléctricas de Nicaragua establece en su Arto. 120-17, que todos los espacios de trabajo alrededor de los equipos, paneles de distribución, tableros o centros de control de motores instalados en interiores deberán estar adecuadamente iluminado y el espacio de trabajo alrededor del equipo de servicio, los paneles de distribución, control o centros de control de motores deberán tener una altura mínima de 2 metros.

Un ambiente bien iluminado permite realizar el trabajo sin defectos, con comodidad y seguridad. Dentro de las actividades que realiza el hombre a lo largo de su vida, una de las que ocupa la mayor parte de ella, no sólo en el tiempo sino también en el espacio, es el trabajo. En este sentido la actividad laboral, para que pueda desarrollarse de una forma eficaz, precisa que la luz (característica ambiental) y la visión (característica personal) se complementen, ya que se considera que el 50% de la información sensorial que recibe el hombre es de tipo visual, es decir, tiene como origen primario la luz.

Un tratamiento adecuado del ambiente visual permite incidir en los aspectos de: Seguridad, confort y productividad. La integración de estos aspectos comportará un trabajo seguro, cómodo y eficaz. Muchas son las causas que pueden intervenir en la ocurrencia de lesiones oculares o fatiga visual, entre otras: máquinas y herramientas defectuosas o inseguras, radiaciones, sustancias químicas, iluminación inadecuada, deficiencias en la educación, motivación y concientización de los trabajadores es un aspecto de salud y seguridad.

1.2.5 Condiciones de los conductores eléctricos

Las instalaciones eléctricas donde los principales factores que se deben considerar en una instalación eléctrica son el calibre del conductor, tensión y protección. A continuación se presenta un esquema básico de los conductores eléctricos:

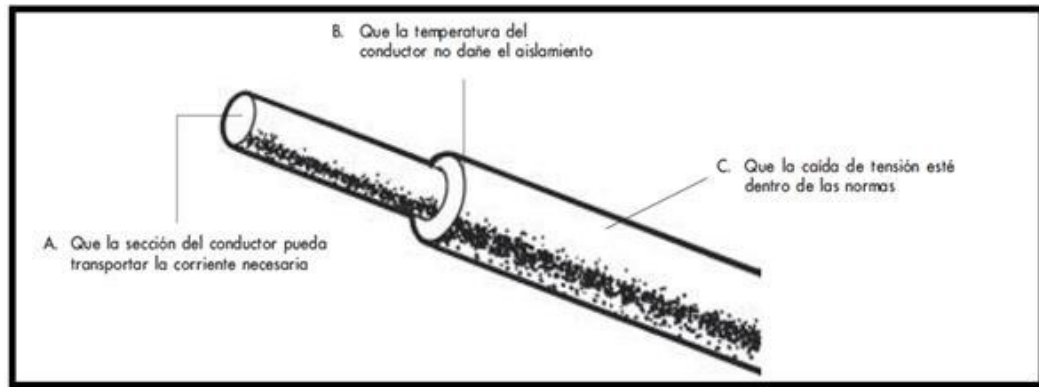


Ilustración 1. Conductores eléctricos

Deteriorando el aislamiento

- La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.
- Si no se protege el aislamiento el aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura, aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortocircuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor.

1.2.6 Carga total conectada con toma corriente.

Cuando esté conectado a un circuito ramal que suministra corriente a dos o más salidas o tomacorrientes, el tomacorriente no alimentará a un artefacto conectado con cordón y enchufe cuya carga total supere el máximo establecido en la Tabla.

Descripción de carga por circuito de amperio en toma corriente Fuente: En la siguiente tabla se muestra.

Tabla 2. Cargas por circuitos de amperios en toma corrientes

Régimen Circuito (Amperios)	Régimen del Tomacorriente (Amperios)	Régimen Carga Máxima (Amperios)
15 a 20	15	12
20	20	16
30	30	24

Por los consumidores de baja potencia se debe controlar la carga a que esta puede estar sometida, cada toma de corriente, se debe tomar en cuenta que los equipos permitidos debe corresponder a la carga máxima permitida.

Se recomienda que la capacidad de cualquier equipo para conectar no exceda el 80 por ciento de la capacidad del circuito ramal.

Amperaje por cable

Se debe tener una referencia en capacidad de amperios por línea o por calibre a utilizarse para futuras ampliaciones o mejoras eléctricas de cualquier área de trabajo, para ello a continuación se describe la capacidad de los conductos, descubiertos y con protección tanta para conductores de cobre y aluminio.

Descripción de la capacidad de los conductos de acuerdo al calibre y condiciones de operación.

En la siguiente figura se muestran la capacidad de conductores según calibre.

Copper Conductors				AAC Aluminum Conductors			
Bare ⁵		Covered		Bare		Covered	
AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes	AWG or kcmil	Amperes
8	98	8	103	8	76	8	80
6	124	6	130	6	96	6	101
4	155	4	163	4	121	4	127
2	209	2	219	2	163	2	171
1/0	282	1/0	297	1/0	220	1/0	231
2/0	329	2/0	344	2/0	255	2/0	268
3/0	382	3/0	401	3/0	297	3/0	312
4/0	444	4/0	466	4/0	346	4/0	364
250	494	250	519	266.8	403	266.8	423
300	556	300	584	336.4	468	336.4	492
500	773	500	812	397.5	522	397.5	548
750	1000	750	1050	477.0	588	477.0	617
1000	1193	1000	1253	556.5	650	556.5	682
—	—	—	—	636.0	709	636.0	744
—	—	—	—	795.0	819	795.0	860
—	—	—	—	954.0	920	—	—
—	—	—	—	1033.5	968	1033.5	1017
—	—	—	—	1272	1103	1272	1201
—	—	—	—	1590	1267	1590	1381
—	—	—	—	2000	1454	2000	1527

Ilustración 2. Capacidad de conductores según calibre

Uno de los aspectos económico es la optimización de recursos, en el mercado los calibres tienen diferentes alto costos de adquisición y se debe conocer las condiciones de operación o la capacidad instalada en la distribución eléctrica, en el momento de adquisición, se debe seleccionar de acuerdo a las necesidades de operación con un margen de carga como máximo el 80%.

Las instalaciones eléctricas desde el banco de transformador hasta las cajas de circuito central no deben ser subterráneas pues no es permitido por la norma NFPA5 que indica que una instalación se debe de realizar en aéreas que

⁵ Asociación nacional de protección contra el fuego.

permitan el fácil control de puntos dañados en el conductor, permitiendo así reparar con mayor rapidez y eficiencia, ya que una instalación subterráneas permitirá que los conductos a pasar de mucho año se dañen y que se tenga pérdida de energía en tierra y esto ocasione incremento en el costo de la facturación.

1.3 Transformadores.

Se llama transformador al convertidor inductivo estático que consta de dos o más devanados mutuamente fijos y acoplados inductivamente entre si y destinados para transformar los parámetros de energía eléctrica alterna (tensión, corriente, frecuencia, numero de fases) mediante la inducción electromagnética. (Maquinas eléctricas, A.V Ivanov-Smolenski, editorial Mir. Moscú, pag.29).

La energía de corriente alterna es suministrada al devanado primario del transformador desde una red que tiene un número de fases m_1 , una tensión U_1 y una frecuencia f_1 . A su vez es transmitida mediante un campo electromagnético al devanado secundario que tiene un número de fases m_2 , una tensión de fase U_2 y una frecuencia f_2 . En la mayoría de los casos con el transformador solo se convierten las tensiones y las corrientes sin variar la frecuencia y el número de fases.

Generalmente entre los devanados no existe ninguna conexión eléctrica y la energía se transfiere de un devanado a otro mediante el acoplamiento magnético existente entre ellos.

Según el número de fase los transformadores se clasifican en monofásicos, trifásicos y polifásicos. El transformador como convertidor de energía eléctrica tiene un empleo bastante amplio. Con ayuda de los transformadores se efectúa la transformación de energía eléctrica desde las centrales eléctricas hasta sus consumidores. En dichas transmisiones el nivel de las tensiones debe cambiar

repetidamente. Por esta razón, la potencia total instalada de los transformadores en los sistemas eléctricos modernos, sobrepasan entre 5 a 7 veces la potencia instalada de los generadores.

Los transformadores se construyen de acuerdo a las especificaciones técnicas o en correspondencia con los requerimientos de los estándares y están destinados por la fábrica productora para ejecutar completamente determinadas funciones en la transformación de la energía eléctrica.

La frecuencia, las corrientes, tensiones, potencias y otros parámetros, referentes al régimen de funcionamiento para el cual el transformador ha sido destinado por el constructor se llaman nominales.

La frecuencia nominal (f_{nom}) de las magnitudes armónicamente variables (corriente y tensiones) para los transformadores de empleo usual es de 50 Hz en la URSS, en algunos otros países 60 Hz, como, por ejemplo, Nicaragua.

Las corrientes nominales se determinan de acuerdo a la potencia y a la tensión nominal del devanado, para un transformador monofásico, para la corriente de línea del transformador, para la corriente de fase de un transformador trifásico.

La información de los datos nominales en el tablero del transformador no se debe entender como prescripción para su explotación solo en el régimen nominal. El funcionamiento del transformador también posible en la gama de variación de la corriente I_2 desde 0 hasta I_{2nom} ; del mismo modo son factibles algunas sobrecargas de corriente, limitadas en el tiempo, e incluso pequeñas variaciones de tensión y frecuencia, especialmente señaladas en la GOST.

1.3.1 Especificaciones para adquirir un transformador.

A la hora de adquirir un transformador existen una serie de especificaciones que se deben suministrar al fabricante.

1. Tipo de transformador (transformador de arrollamientos separados o Autotransformador.).
2. Número de fases, monofásico o polifásico.
3. Frecuencia.
4. Potencia nominal (en kVA) de cada arrollamiento y en el caso de que la extensión de tomas exceda del $\pm 5\%$, la toma de corriente máxima especificada (Si es aplicable)
5. Tensión nominal de cada arrollamiento.
6. Tipo de conexión (estrella \square o triángulo \square), ángulo horario y si el neutro es accesible (en su caso).
7. Necesidad de cambiar las tomas con el transformador en carga o posibilidad de hacer lo desconectado, rango de las tomas y localización de las mismas, indicación de si la regulación de tensión es a flujo constante o a flujo variable.
8. Tensión de cortocircuito porcentual a corriente nominal en la toma principal para los diferentes pares de arrollamientos y en el caso de que vaya a operar en paralelo al menos también entre las tomas de los extremos.
9. Si va a operar en el interior o en el exterior.
10. Tipo de refrigeración y si utiliza varios sistemas diferentes especificar la potencia nominal de cada uno de ellos.
11. Condiciones de temperatura más elevada y temperatura ambiente incluyendo la altura. En caso de refrigeración por agua, análisis químico del agua.

12. Número de bancos de refrigeración, capacidad de respuesta en caso de producirse algún fallo y número de bombas y/o ventiladores que hay en espera.
13. Tensión más elevada para cada arrollamiento.
14. Sistema de puesta a tierra de cada arrollamiento.
15. Especificar si el aislamiento de los arrollamientos es o no uniforme. En el caso de que no lo sea, capacidad del neutro para soportar tensión a frecuencia industrial y nivel de impulsos soportados en caso de que sea requerido un ensayo de impulsos en el neutro.
16. Para arrollamientos con tensiones superiores a 300 KV, método de ensayo dieléctrico.
17. Valores de tensión que puede soportar el aislamiento de los terminales de las líneas. Ensayos para impulsos tipo rayo y maniobra, un minuto a frecuencia industrial y de larga duración a frecuencia industrial con medida de descargas parciales siempre que sea posible.
18. Limitaciones de peso y dimensiones para su transporte, requisitos especiales, si los hubiera, de instalación, montaje y manipulación.
19. Si es necesario arrollamiento terciario de estabilización.
20. Detallar los suministros auxiliares de tensión (ventiladores, bombas, cambiadores de tomas en carga, motores, alarmas y controles).
21. Control del cambiador de tomas en carga.
22. Nivel de cortocircuito de los sistemas eléctricos donde el transformador va a ser conectado.
23. Valores de presión y vacío soportados por la cuba del transformador.
24. Nivel de ruido requerido.
25. Número de rieles y el largo del transformador para su transporte y galibó del ferrocarril.
26. Accesorios requeridos con su descripción detallada.
27. Intensidad de vacío para el caso de sobreexcitación o cualquier otra situación excepcional de servicio.

28. Combinaciones en carga en caso de transformadores con arrollamientos Múltiples y cuando sea necesario activar y reactivar las salidas separadamente, Especialmente en el caso de transformadores con arrollamientos múltiples o autotransformadores.

1.4 Red eléctrica.

Una red eléctrica es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Consiste de tres componentes principales, las plantas generadoras que producen electricidad de combustibles fósiles (carbón, gas natural, biomasa) o combustibles no fósiles (eólica, solar, nuclear, hidráulica), las líneas de transmisión que llevan la electricidad de las plantas generadoras a los centros de demanda y los transformadores que reducen el voltaje para que las líneas de distribución puedan entregarle energía al consumidor final.

1.5 Líneas de transmisión eléctrica.

Una línea de transmisión eléctrica es un conjunto de conductores o cables que transmiten bloques de energía desde un centro de producción hasta un centro de consumo. Los conductores se soportan en altas estructuras (torres o postes) que las separan la distancia necesaria con respecto a la tierra, los edificios y cualquier otro objeto. La altura de estas estructuras garantiza que el flujo de electricidad a través de los conductores sea continuo y asegura que no se producirá interferencia con ningún otro elemento presente en el medio.

Al conjunto de cables eléctricos, más delgados que los usados en líneas de transmisión que transportan la energía eléctrica desde una subestación eléctrica hasta un conjunto de consumidores se les denomina a la red de distribución eléctrica.

1.6 Voltaje.

El voltaje o diferencia de potencia es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza automotriz sobre las cargas eléctricas para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica.

La ley que relaciona la corriente con el voltaje es la ley ohm, de la siguiente manera:

$$V = I \cdot R$$

1.7 Corriente eléctrica.

La corriente eléctrica es el flujo de carga o electrones por unidad de tiempo que recorre un material, el cual se debe al movimiento de los electrones por el interior del material.

La corriente eléctrica es I , la carga es Q que pasa por un punto dado de un conductor eléctrico en la unidad de tiempo t .

$$I = Q / t$$

La unidad de medida de la corriente eléctrica es el Ampere. Un Ampere (A) es el paso de una carga de un coulomb por segundo a través de una sección transversal de cualquier conductor.

La corriente eléctrica se calcula mediante la ley de ohm.

$$I = V / R$$

1.8 Conexión trifásica.

La tensión trifásica, es esencialmente un sistema de tres tensiones alternas acopladas (se producen simultáneamente las 3 en un generador) y desfasadas 120° entre sí (o sea un tercio del Periodo).

Estas tensiones se transportan por un sistema de 3 conductores (3 fases), o de cuatro (tres fases + un neutro). Por convención las fases se denominan R, S, T, y N para el conductor neutro si existe.

Los receptores monofásicos se conectan entre dos conductores del sistema de 3 o 4 conductores, y los motores y receptores trifásicos a las 3 fases simultáneamente.

Los transformadores para la corriente trifásica son análogos a los monofásicos, salvo que tienen 3 devanados primarios y 3 secundarios.

1.9 Conexión en estrella.

La conexión estrella se designa por la letra Y. Se consigue uniendo los terminales negativos de las bobinas en un punto en común que denominamos neutros y que normalmente se conecta a tierra, los terminales positivos se conectan a las fases.

En la conexión en estrella, cada generador se comporta como si fuera monofásico y produjera una tensión de fase o tensión simple. Estas tensiones serían U1, U2 y U3. La tensión compuesta es la que aparecerá entre dos fases. Estas serán U12, U13 y U23.

$$U = \sqrt{3} * U1$$

El factor se denomina también factor de concentración.

1.10 Conexión en delta.

La conexión delta se llama así debido a su parecido con el signo griego “delta”, que parece un triángulo. En tal configuración cada lado del triángulo contiene una fuente de voltaje y no existe una conexión de un punto común. Debido a esta configuración, no existe la necesidad de un cable neutro, ya que una de las fuentes podría fallar quedando desconectada sin afectar la corriente o voltaje en el sistema.

$$U = U_1$$

1.11 Potencia activa.

Es la potencia mediante la cual se aprovecha como trabajo. Esta potencia se mide en vatios (W). La potencia activa en los circuitos de AC responde a la siguiente expresión:

$$P = S * \cos\varphi = V * I * \cos\varphi$$

V: Valor eficaz de la tensión.

I: Valor eficaz de la corriente.

$\cos\varphi$: factor de potencia (comprendido entre 0 y 1).

S: Potencia aparente.

1.12 Potencia aparente.

Se considera la energía real demandada por los consumidores, que no es más que la suma vectorial de la potencia activa y potencia reactiva, se mide en VA (Voltio Amper).

$$S = V * I = \sqrt{P^2 + Q^2} < \tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)$$

1.13 Potencia reactiva.

No es una potencia (energía) realmente consumida en la instalación, ya que no produce trabajo útil debido a que su valor es medio nulo. Aparece en una instalación eléctrica en la que existen bobinas o condensadores, y es necesaria para crear campos magnéticos y eléctricos en dichos componentes. Se representa por Q y se mide en voltiamperios reactivos (VAr).

La potencia reactiva se puede determinar mediante la siguiente expresión matemática:

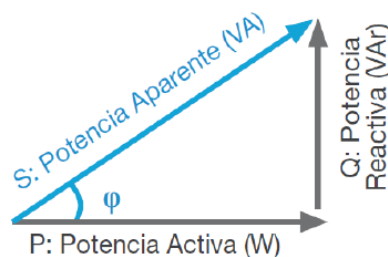
$$Q = I * V * \text{Sen}\phi$$

1.14 Factor de potencia.

Es un indicador cuantitativo y cualitativo del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, describe la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

El factor de potencia (fp) es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) si la tensión y corriente son señales sinusoidales.

$$fb = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} = \frac{P}{S} = \frac{V * I \cos\phi}{V * I} = \cos\phi$$



1.15 Factor de carga.

"El factor de carga es la relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese período."

Factor de Carga es un número que nos indica el porcentaje de utilización de la potencia contratada durante un mes o un año.

Nos sirve para saber si la potencia que tenemos contratada es la correcta para el consumo que tenemos.

Un Factor de Carga muy bajo, por ejemplo, indica que es posible que tengamos contratada una potencia excesivamente alta para nuestro consumo, y que es posible que consigamos ahorrar en la factura si bajamos la potencia contratada.

1.16 Motores eléctricos.

Es un dispositivo que está compuesto por un estator que se encuentra fijo a la carcasa y un rotor que gira en el interior del estator. La función del motor eléctrico es transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

EFICIENCIA DEL MOTOR (η).

Es una medida de la habilidad del motor de transformar la potencia eléctrica en potencia mecánica útil.

1.17 Sistema de iluminación.

Se define luminaria como un aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas,

(excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Una instalación de alumbrado debería satisfacer los requisitos de iluminación de un espacio particular sin malgastar energía. Sin embargo, es importante no comprometer los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía.

Algunos tipos de lámparas utilizan un dispositivo para su funcionamiento conocido como balastro, el cual cumple con las funciones de regular la corriente eléctrica a través del tubo y a su vez suplir el voltaje requerido para la operación de este, en algunos casos se utiliza para compensar las variaciones de voltaje cuando estos se encuentran presentes en las líneas conductoras.

Existen diversos tipos de lámparas tanto para la iluminación interior como para la iluminación exterior.

CAPITULO II: DISEÑO METODOLOGICO

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Con la información obtenida de las etapas I y II, y los métodos de balance seleccionados en la etapa I se procederá a realizar la evaluación del funcionamiento energético de los sistemas y equipos.

En una primera etapa se analizará el comportamiento histórico del consumo de energía de la empresa y su relación con la producción de la misma. Así se determinarán los índices energéticos actuales de la empresa. En una segunda fase se hará el diagnóstico de las rutinas de operación y mantenimiento, y su relación con el uso de energía. Serán señaladas todas aquellas acciones en que se observe posibilidad de ahorro de energía.

Dentro de una tercera etapa se realizará el balance de materia y energía por sistema y procesos en la planta o inmueble, con el objetivo de conocer el tipo y cantidad de energía requerida, así como la eficiencia de utilización. Se evaluarán las entradas, salidas y pérdidas de energía, identificándolas por sistema. En los balances de energía por sistema se identificarán los puntos del diagrama de flujo de mayor pérdida de energía, haciendo resaltar aquellos donde es posible generar ahorros. Además se determinará la cantidad de energía real utilizada por producto generado, y se identificarán posibles ajustes o cambios a los sistemas.

Una vez identificadas las áreas, procesos y equipos de mayor consumo energético en la planta o inmueble, dichas secciones quedaran como prioritarias para la identificación y obtención de ahorros de energía, ya que el disminuir el consumo de energía en estas áreas será de mayor impacto para la empresa y se verá reflejada directamente en las facturaciones de energéticos.

CAPITULO III: ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

III. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1 Descripción del PIMA

El PROGRAMA INSTITUCIONAL DE LA MADERA (PIMA), antes Instituto Forestal Industrial latinoamericano (INFIL), nace como proyecto de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el año 2011 con el cual se pretende fortalecer las capacidades del sector forestal e industrial de nuestro país basando sus objetivos en la adecuada adopción, manejo y desarrollo de tecnologías de nuevas generación provenientes de Alemania. Según el MIFIC el PIMA se clasifica como una mediana empresa por tener 12 trabajadores.

3.2 Estado actual del sistema de consumo eléctrico del PIMA.

3.2.1 Análisis tarifario de la factura de consumo energético

El Recinto Universitario Pedro Arauz Palacio (RUPAP) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) consta con nueve bancos de transformadores, los cuales proporcionan la potencia eléctrica necesaria para cumplir con la demanda de carga de todos los consumidores instalados en el recinto, cada banco de transformadores posee distintas potencias aparentes de diseño (S).

El PROGRAMA INSTITUCIONAL DE LA MADERA (PIMA), se encuentra ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el recinto universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y se dedica a la elaboración de muebles de madera.

La carga instalada existente en el PIMA en el 220V, es alimentada por el banco de transformadores de 225 kVA que se encuentra ubicado en el costado este del recinto, exactamente por los laboratorios de Biomasa. A este transformador se encuentra conectados todas las cargas eléctricas pertenecientes al área

administrativa, iluminación, equipos ofimáticos y maquinas pequeñas menores de 3kW de potencia que se utilizan en el proceso de producción de los muebles.

Cabe mencionar que el PIMA está conectado a la red de la UNI, por lo tanto su consumo es asumido por la universidad. No se cuenta con las facturas eléctricas por lo que no se conoce el historial de consumo de energía eléctrica mensual.

El tipo de tarifa que tiene la UNI es **T-2E general mayor con medición horaria estacional**, el cual es una tarifa aplicada para cargas contratadas mayor de 25 kW para uso general, establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc. En esta tarifa se cobra consumo en verano e invierno punta⁶ y fuera de punta, demanda verano e invierno punta. Ver el pliego tarifario en el anexo I.



Ilustración 3. Generador eléctrico de 75 kVA

También tiene un generador eléctrico de 75 kVA que trabaja con diesel y alimenta a todos los equipos grandes y que trabajan con 440V. El consumo promedio de diesel es de **568.72 litros** mensual.

⁶ Periodo punta es de 6:00 pm a 10:00 pm y horario fuera de punta es 6:01 am a 5:59 pm

Actualmente el PIMA no maneja cuanto es su consumo eléctrico, debido a que este se reporta en la factura de energía de la UNI-RUPAP, por lo que se hace necesario determinar este consumo, el cual se muestran en los siguientes acápites.

En los siguientes puntos analizaremos los consumidores del PIMA, con el propósito de calcular el consumo e identificar los potenciales de mejora.

3.2.2 Inventario de equipos consumidores de energía

Equipos eléctricos conectados en 110 y 220V

Los equipos conectados al transformador de 225 kVA y que funcionan en 110 y 220V son aproximadamente 47 equipos eléctricos, que se dividen en las diferentes áreas como producción y administración. En la siguiente figura se muestra la distribución.

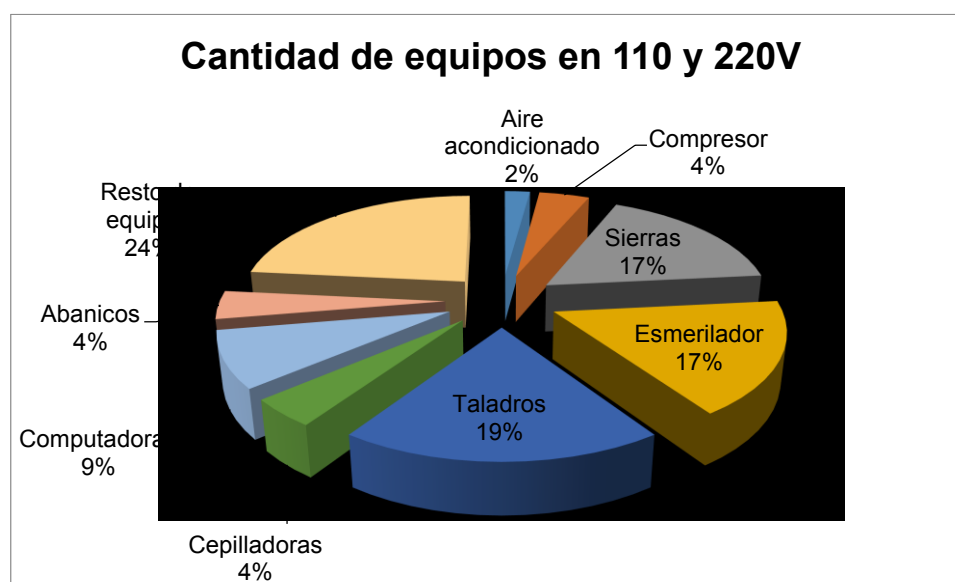


Ilustración 4. Cantidad de equipos conectados en 110 y 220V

Como se muestra en la figura el 19% de los equipos son los taladros, 17% esmerilador, 17% sierras, 9% las computadoras, 4% los compresores, 4%

cepilladoras, 4% los abanico, 2% aires acondicionados y el 24% restante son los otros equipos que hay en menor cantidad. Es importante mencionar que la iluminación exterior e interior también está conectada al transformador. Ver en el inventario en el anexo II.

La potencia instalada de todos estos equipos eléctricos es de 59.80 kW, en la siguiente ilustración se muestra la distribución.

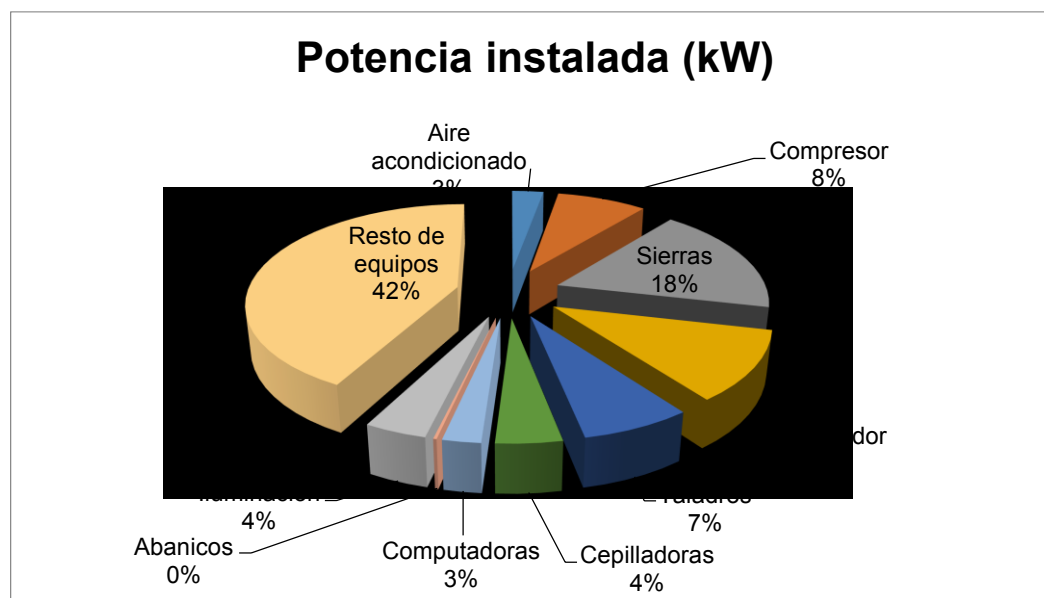


Ilustración 5. Distribución de la potencia instalada del PIMA en kW

La potencia total instalada de los equipos conectados en 110 y 220V se divide de la siguiente manera: 18% las sierras eléctricas, 11% los esmerilador, 8% los compresores, 7% los taladros, 4% las cepilladoras, 4% iluminación, 3% computadoras y el restante 42% se divide en los equipos de menor número.

Equipos conectados en 440V

Los equipos que trabajan con 440V, están conectados a un generador eléctrico de 75 kVA, el cual utiliza diesel para su funcionamiento. En la siguiente tabla se muestran estos equipos.

Tabla 3. Equipos conectados al generador eléctrico

Equipo
Extractor de Viruta
Compresor
Sierra Vertical
Canteadora T54
Fresadora T27
Regruesadora T45
Encuadradora T74

La potencia instalada de estos equipos es de aproximadamente de **48.9 kW**. La distribución de la potencia por equipo se muestra en la siguiente figura.

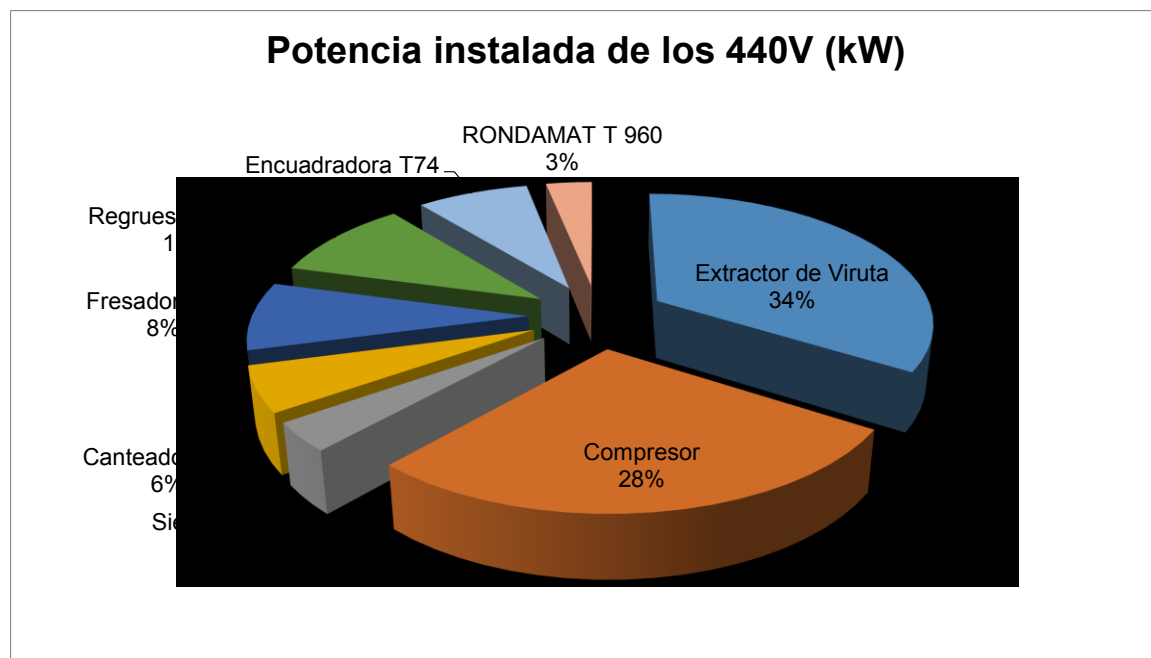


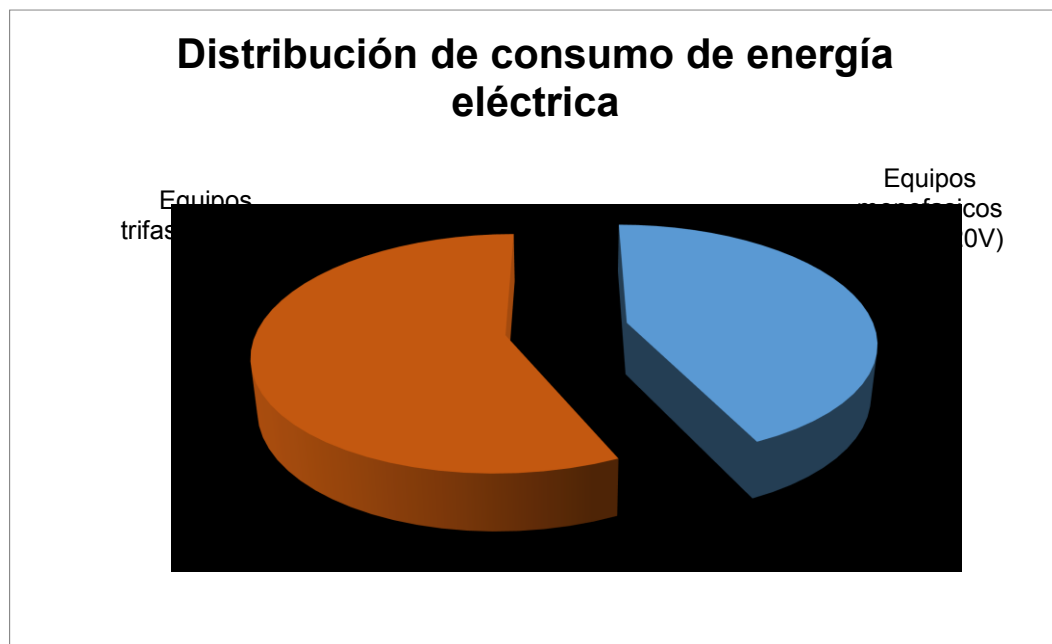
Ilustración 6. Distribución de la potencia instalada de los equipos 440V (kW)

De total de potencia instalada se reporta que el 34% la tiene el extractor de viruta, seguido del compresor con 28%, 10% Regruesadora, 8% escuadradora, 8% la fresadora. 6% canteadora, 3% sierra vertical y 3% RONDAMAT.

3.2.3 Distribución de consumo energético.

Para determinar la distribución del consumo de energía eléctrica del PIMA, se realizaron mediciones eléctricas a los diferentes equipos consumidores, equipos de producción, aires acondicionados, iluminación y los equipos eléctricos de oficinas, ubicados en las diferentes áreas.

El consumo total de energía eléctrica cuantificado tanto para equipos monofásicos como trifásicos es de **3,456.65 kWh/mes (41,479.80 kWh/año)**. Ver en el anexo III la memoria de cálculo. A continuación se muestra el consumo dividido tanto para equipos que trabajan en 110, 220V y los de 440V. En la figura 7 se muestra la distribución de consumo.



Como se muestra en la figura el 57% de la energía consumida por el PIMA lo representan los equipos trifásicos que trabajan en 440V, por lo que este sería el consumo de energía del generador eléctrico y el 43% lo demandan los equipos monofásicos conectados al transformador.

3.2.4 Consumo de energía de los equipos conectados al generador, 440V

La energía equivalente consumida por el generador para el funcionamiento de los equipos 440V es de **1,967.97 kWh-eq/mes (23,615.58 kWh-eq/año)**. La distribución se muestra a continuación.

Ilustración 7. Distribución de consumo de energía eléctrica del PIMA

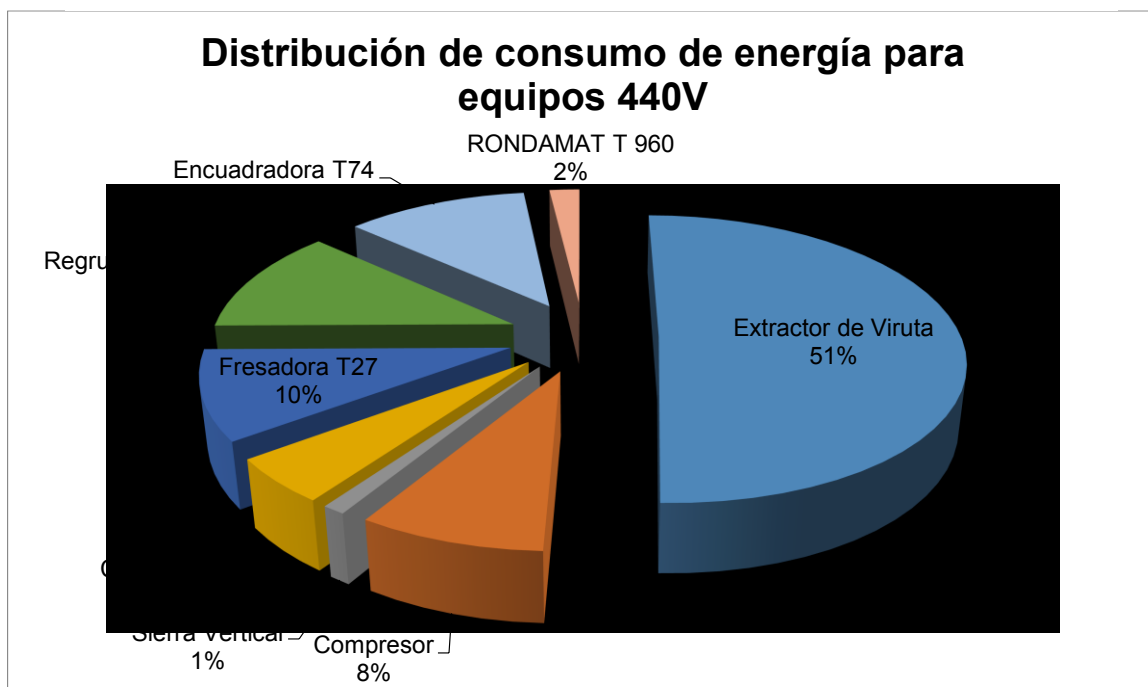


Ilustración 8. Distribución de consumo de energía de equipos en 440V

El mayor consumidor es el extractor de viruta con un 51%, 12% Regruesadora T45, 11% encuadradora T74, 10% fresadora, 8% el compresor, 5% canteadora, 2% RONDAMAT y 1% sierra vertical.

Como se muestra uno de los mayores consumidores es el extractor de viruta, este equipo tiene dos motores uno de 15 HP y otro de 1/3 HP. Este equipo es nuevo y tiene un arrancador suave para disminuir los picos de demanda.

Con respecto al dimensionamiento del generador, se identificó que se encuentra mal dimensionado, debido a que existe el problema que no pueden ponerse a funcionar las máquinas al mismo tiempo porque este trabaja forzado. En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos.

Tabla 4. Potencia Instalada de los equipos 440V

Equipo	Potencia de chapa, Kw.
Extractor de Viruta	11.22
Compresor	11.19
Sierra Vertical	3.00
Canteadora T54	6.72
Fresadora T27	11.52
Regruesadora T45	14.40
Encuadradora T74	10.12
RONDAMAT T 960	1.30
TOTAL POTENCIA (kW).	69.47

Para realizar un mejor dimensionamiento del generador debemos tomar en cuenta los picos de demanda. Durante el arranque hay que considerar que la potencia mecánica a ser solicitada por el motor eléctrico para vencer la inercia de su rotor será:

De 3 a 5 veces su potencia nominal expresada en [kW] si dicho arranque es del **tipo directo**.

$$P = 69.47 \text{ kW} * 5 \text{ veces} =$$

$$\mathbf{P= 347.35 \text{ kW}}$$

Tamaño del generador adecuado:

$$1 \text{ kW} = 1.25 \text{ kVA}$$

$$P = 347.35\text{kW} * 1.25 = 434.19 \text{ KVA}$$

TAMAÑO DEL GENERADOR ADECUADO: 434.19 KVA

En la tabla se muestra la comparación del tamaño del generador actual con el calculado.

Tabla 5. Comparación del generador actual con el calculado

Potencia del generador (kVA)	Potencia del generador (kW)	Potencia total consumida (kW)	Potencia consumida (kVA)	% de menor capacidad
75	60	208.41	260.51	-71.2%

Como se observa el generador actual se encuentra 71.2% por debajo de lo que se requiere, por lo tanto se recomienda un reemplazo por uno de mayor tamaño. Esto permitirá que los equipos funcionen más eficientemente y el incremento de la producción del PIMA.

3.2.5 Consumo de energía de los equipos conectados al Transformador, 110 y 220V

La energía equivalente consumida por el generador para el funcionamiento de los equipos monofásicos conectados en 110 y 220V es de **1,488.68 kWh-eq/mes (17,864.21 kWh-eq/año)**, con un costo de **USD 5,001.98** por año asumiendo un costo de USD 0.28 por cada kWh consumido, según el tipo de tarifa que tiene actualmente. La distribución se muestra a continuación

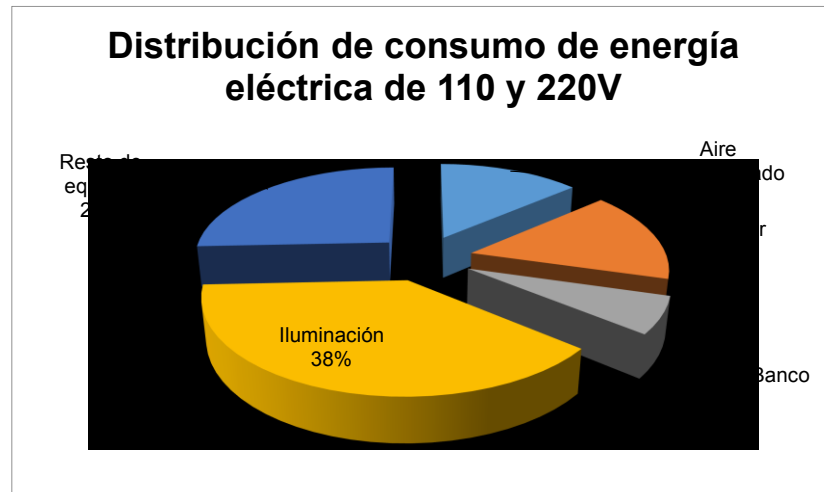


Ilustración 9. Distribución de consumo de energía eléctrica de equipos 110 y 220V

Como se observa el 38% del consumo de energía eléctrica lo representa la iluminación, 16% el compresor, 14% el aire acondicionado, 6% la sierra de banco y el 26% restante es el resto de equipos pequeños. Existe potencial de reducir el consumo de energía en iluminación

Es importante mencionar que estos equipos están conectados a un banco de transformador 225 KVA, el cual tiene 3 transformadores de 75kVA. A este banco de transformadores están conectadas otras áreas de la universidad a parte del PIMA.

Según la monografía ***“Balance de carga y propuesta de mejora en el uso eficiente de la energía en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el año 2014-2015”***, la potencia actual demandada por el edificio es de 207.29 kVA, lo cual indica que el banco de transformador tiene un 8% de sobre dimensión al banco transformador, sin embargo con este porcentaje de sobre dimensión nos indica que el banco de transformador está operando en la actualidad dentro de su rango de diseño y tolerancia del 5 al 10%. En la tabla a continuación se muestra este análisis.

Tabla 6. Análisis del banco de transformadores del PIMA

Potencia del generador (kVA)	Potencia del generador (kW)	Potencia total consumida (kW)	Potencia consumida (kVA)	% de menor capacidad
225	180	165.83	207.29	8

Fuente: Monografía del Balance de carga del RUPAP

En las alternativas de mejora se va a evaluar la instalación de un nuevo banco de transformadores para alimentar equipos monofásicos 110, 220V y trifásico 440V.

3.2.6 Distribución total del consumo energético por equipos.

En la siguiente figura se muestra la distribución del consumo por equipos.

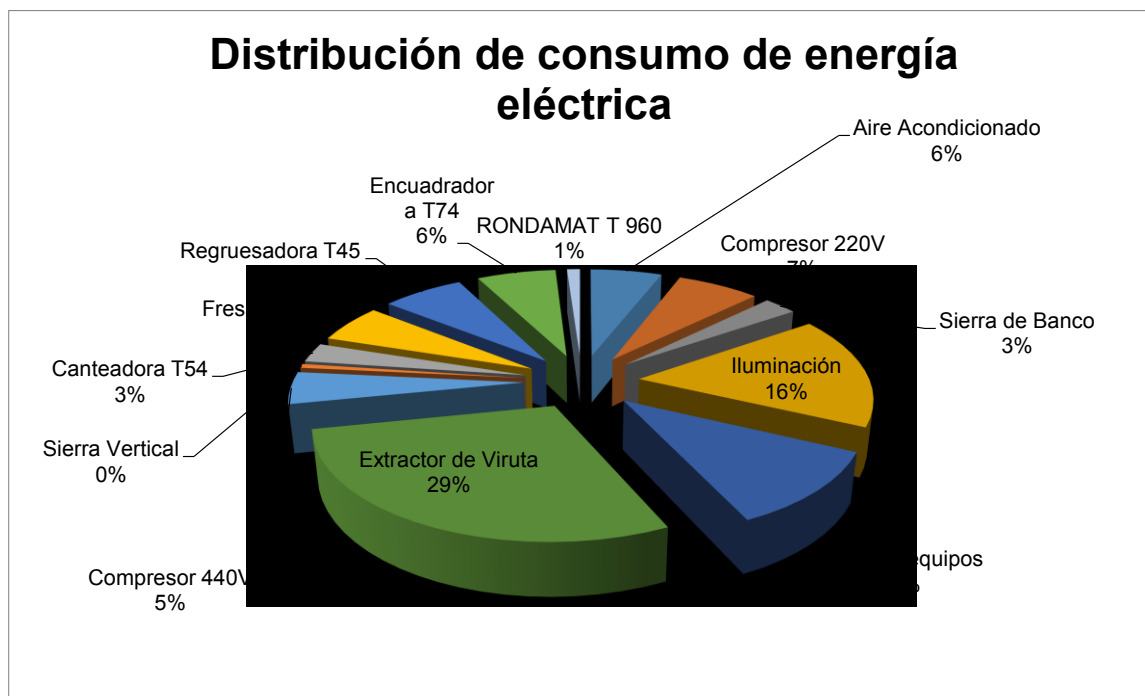


Ilustración 10. Distribución de consumo total de energía por equipos

A como se muestra el 29% del consumo de la energía lo representa el extractor de viruta, 16% la iluminación, 7% el compresor 220V, 7% Regruesadora, 6%

fresadora, 6% el aire acondicionado, 6% Encuadradora, 5% compresor 440V, 3% sierra de banco, 3% canteadora, 1% RONDAMAT y un 11% resto de equipos pequeños.

3.2.4 Análisis de motores

En este acápite se realiza un análisis de factor de carga de las máquinas conectada en 440V. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 7. Análisis de factor de carga de máquinas conectadas en 440V

Equipo	Potencia de chapa HP	Promedio A	Promedio V	Cos PHI chapa	Potencia kW	Potencia medida en HP	E nominal	Factor de carga
Extractor de Viruta	15.3	24.4	440.7	0.75	14.0	18.7	86.6%	106.01%
Compresor	15	20.5	440.7	0.87	13.6	18.2	86.6%	105.24%
Sierra Vertical	4	2.6	440.7	0.88	1.7	2.3	85.6%	49.40%
Canteadora T54	7.5	4.1	440.7	0.87	2.7	3.6	90.0%	43.75%
Fresadora T27	10	6.2	440.7	0.87	4.1	5.5	90.0%	49.35%
Regruesadora T45	11.5	7.3	440.7	0.87	4.8	6.5	90.0%	50.80%
Encuadradora T74	10	5.9	440.7	0.84	3.8	5.0	85.6%	43.12%
RONDAMA T T 960	1.5	2.3	440.7	0.87	1.5	2.1	79.0%	109.27%

Como se puede observar extractor de viruta, compresor y RONDAMA T960 se encuentra con factor de carga adecuado, en cambio la sierra eléctrica tiene un factor de carga de 49.40%, canteadora T54 43.75%, Fresadora T27 49.35%, Regruesadora T45 con 50.80% y le Encuadradora T74 con 43.12%, esto se debe a que estas máquinas muchas veces se ponen a funcionar con piezas de madera muy pequeñas o en vacío.

3.2.5 Sistema de iluminación



Ilustración 11. Iluminación interior del taller

El PIMA cuenta con 20 lámparas instaladas en el interior de las instalaciones, el cual es tecnología obsoleta de tubos fluorescentes de 40 y 20W, así mismo con bombillos incandescentes de 100W. El consumo de esta iluminación es de aproximadamente de **368.16 kWh/mes (4,417.92 kWh/año)**.

También tiene instalado iluminación exterior, una de 250W y otra de 400W y consumen **204.55 kWh/mes (2,454.55 kWh/años)** y una demanda de potencia de 0.49 kW.

Existe potencial de sustituir esta iluminación por tecnología LED, el cual reducirá el consumo de energía eléctrica y la demanda de potencia en horas punta que reporta la iluminación exterior que se utiliza en horas de la noche. Esta opción se evaluará con más detalle en el acápite de opciones de Eficiencia Energética.

Mediciones de niveles de iluminación.

Se realizó un análisis de los niveles de iluminación por cada puesto de trabajo. Ver en el anexo IV la norma de iluminación para Nicaragua.

Tabla 8. Análisis de los niveles de iluminación de puestos de trabajo

NIVELES DE ILUMINACION		
AREA	NIVEL DE ILUMINACION ENCONTRADO, LUX	NIVEL DE ILUMINACION RECOMENDADO, LUX
OFICINA ADMINISTRATIVA	187	300
BODEGA DE PRODUCTOS 1	23	100
BODEGA DE PRODUCTOS 2	15	100
BODEGA DE MATERIA PRIMA	32	100
BODEGA DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	22	100
PANEL 220	32	100
BANCO 220	320 ILUMINACION NATURAL	300
AREA DE SIERRA	176	300
AREA DE AFILADO	86	300
AREA DE ENGRUESADORA	146	300
AREA CANTEADORA	162	300
AREA DE WEINIG	130	300
AREA DE FRESADORA	120	300
AREA SIERRA VERTICAL	57	300
PANELES 440	41	100

Como se puede observar ninguno de los puestos de trabajo cumplen con los requerimientos según la norma, el cual debe cumplirse para favorecer la percepción visual con el fin de asegurar la correcta ejecución de las tareas y la seguridad y bienestar de quienes las realizan.

3.2.6 Condiciones del Sistema eléctrico

Una instalación eléctrica es el conjunto de equipos y materiales que permiten distribuir la energía eléctrica partiendo desde el punto de conexión de la compañía suministro hasta máquinas y aparatos receptores para su utilización final, de una manera eficiente y segura.

Debido a que la presencia de la energía eléctrica significa un riesgo para el ser humano, se requiere suministrar la máxima seguridad posible para salvaguardar

su integridad así como la de los bienes materiales, cada parte que integre la instalación eléctrica debe estar ubicada estratégicamente con el fin de lograr seguridad absoluta. Además de esto el servicio de instalaciones eléctricas deberá ser eficiente y económico, integrando lo técnico y lo económico.

PIMA no dispone de un diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas internas. El diagrama unifilar es una representación gráfica que permite visualizar a partir del punto de entrega se distribuye la energía eléctrica a través de paneles y sub-paneles los cuales deben claramente identificar en tablas en el diagrama y que deben equivaler a lo que se encuentra físicamente en el sitio. La falta de diagrama unifilar dificulta cualquier estudio que se quiera realizar y más aún impide realizar maniobras ante situaciones de emergencia debido a que no se conoce la distribución de la instalación eléctrica.

En las siguientes figuras se muestran los hallazgos en el sistema eléctrico.

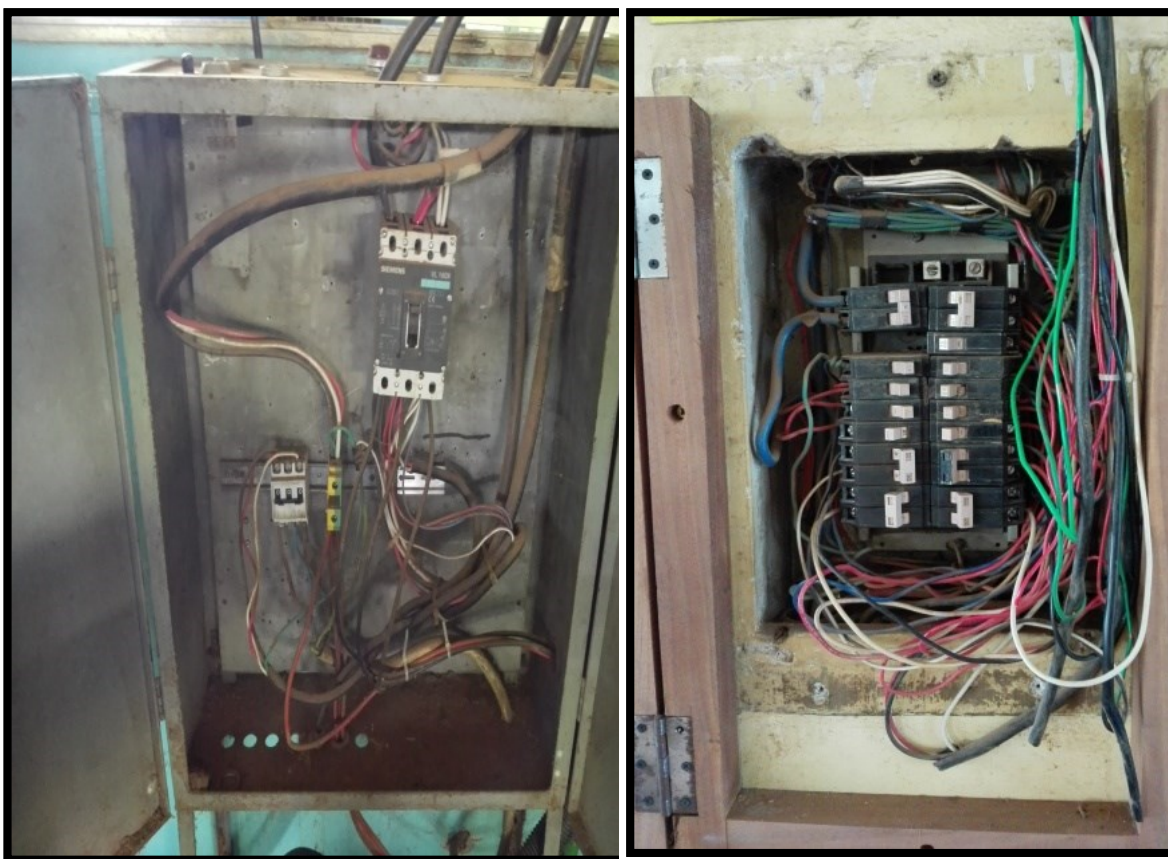


Ilustración 12. Paneles eléctricos no adecuados

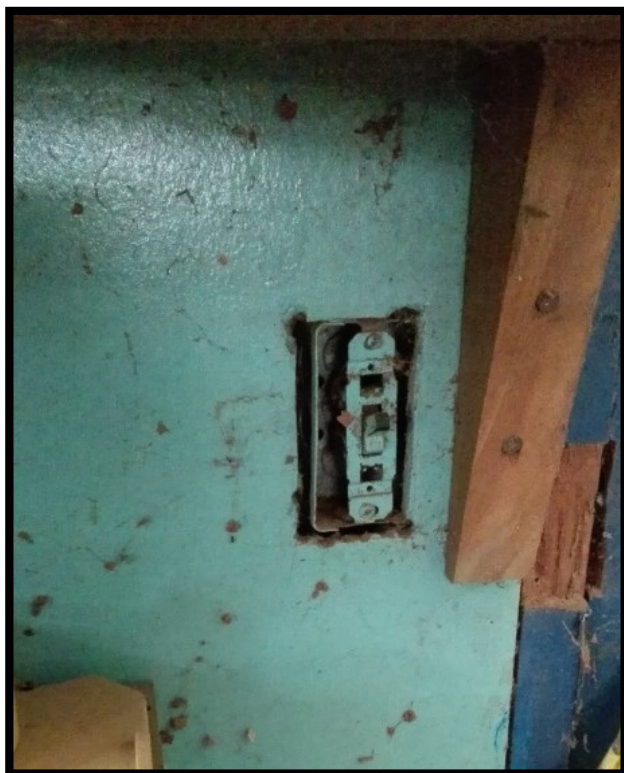


Ilustración 13. Instalaciones eléctricas de máquinas en mal estado

Las oportunidades de mejora se mencionan a continuación:

- Paneles eléctricos no adecuados.
- Falta de rotulación de paneles eléctricos y la especificación de su carga.
Todos los paneles fueron rotulados en el transcurso de esta monografía, con el propósito de realizar las mediciones eléctricas. En las figuras a continuación se observa el antes y después.
- Falta de mantenimiento preventivo de los paneles eléctricos.



Antes de rotulación



Después de rotulación

Se realizaron inspecciones visuales con la cual se determina que gran parte de las instalaciones internas se encuentran en mal estado, lo cual en gran medida es ocasionado por la falta de mantenimiento que se le brinda a las instalaciones eléctricas, así como la violación de normas técnicas establecidas en el Código

de Instalaciones eléctricas de Nicaragua (CIEN), aumentando el riesgo de electrocución accidental del personal, estudiantes y público en general los cuales visitan a diario el PIMA y que circulan libremente por este.

Entre la violaciones al CIEN se encuentra que no fue aplicado lo que indican los artículos: 120-17 inciso a, e, r, 200-2 Disposiciones generales, 200-3 Conexión al sistema puesto a tierra. 210-5 Código de colores para circuitos derivados, 210-7 Tomacorrientes y enchufes inciso (a), (b) y (c), 210-8 Interruptor contra fallas a tierra (ICFT) para protección de las personas en lugares donde exista acceso directo a alta incidencia de humedad, 215-6 Medios de puesta a tierra para alimentador.

No existen recalentamientos en conductores, los calibres inadecuados, ausencia de puestas a tierra de instalaciones; lo que conlleva a tener pérdidas de energía por mal estado de instalaciones por lo que se recomienda el realizar una mejora de las instalaciones que permita tener seguridad en las instalaciones y proteger sus equipos.

Se debe realizar periódicamente el mantenimiento de las instalaciones eléctricas salvar vidas, mejora el rendimiento de los equipos, ahorro considerable de dinero y disminuye el consumo de energía.

3.2.7 Mediciones termográfico de paneles eléctricos y equipos

En las siguientes figuras se muestras las fotos de lugar y la termografía.

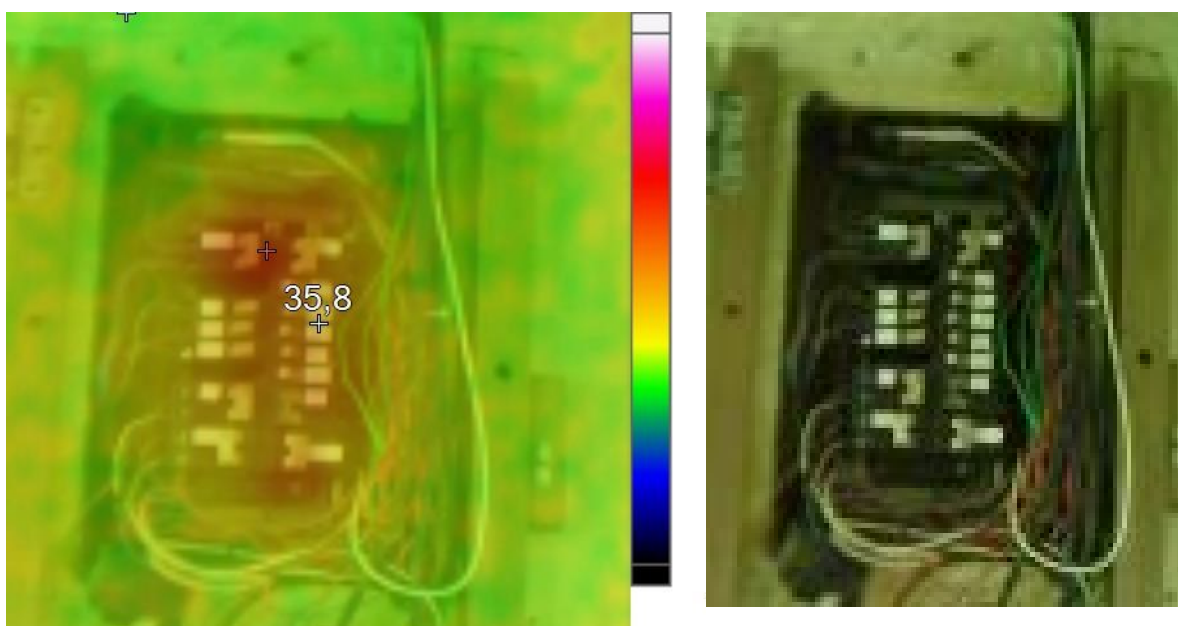


Ilustración 14. Análisis termográfico del panel eléctrico 110

Como se puede observar la temperatura del área más caliente es de 35.8 °C, por lo que se puede decir que no está recalentado.

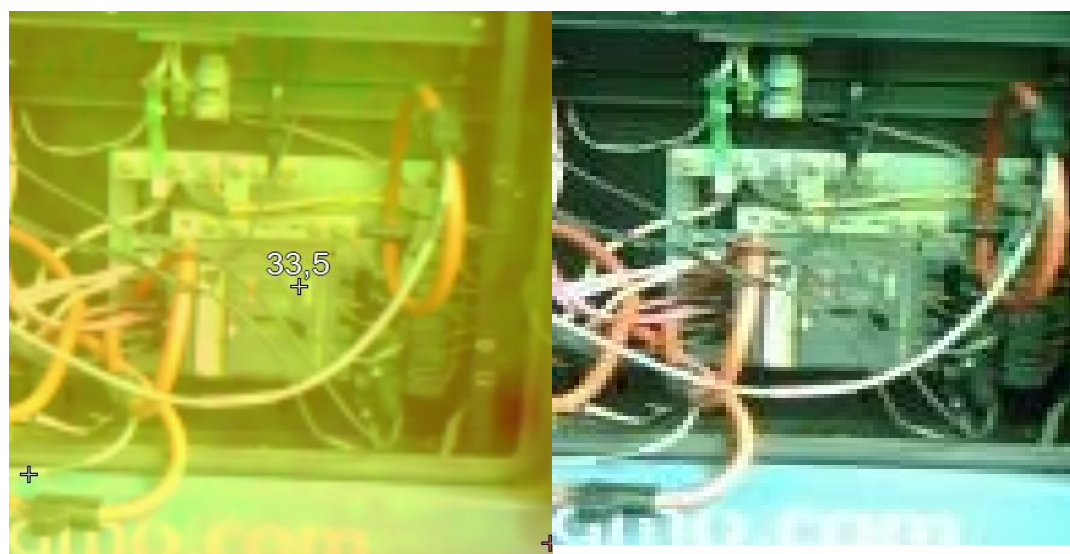


Ilustración 15. Medición de la conexión del generador eléctrico

Como se puede observar la temperatura del área más caliente es de 33.5 °C, por lo que se puede decir que no está recalentado.

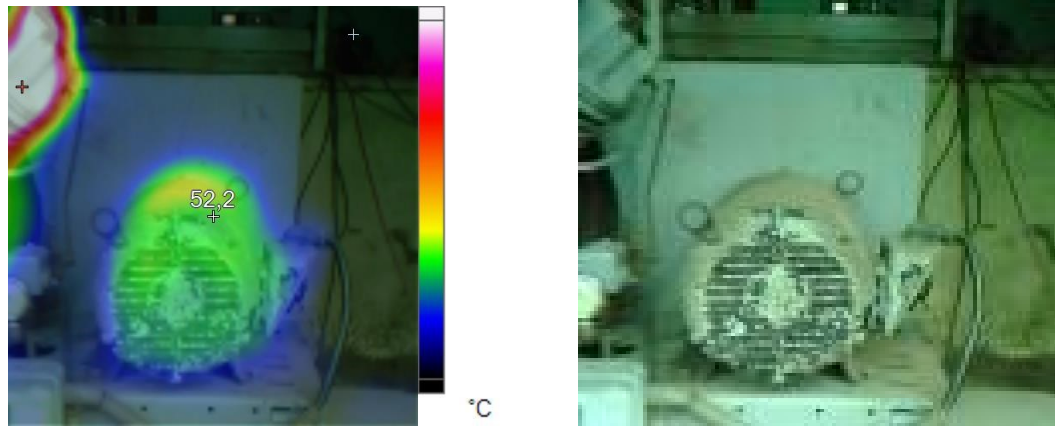


Ilustración 16. Mediciones termográfico para el compresor 440V

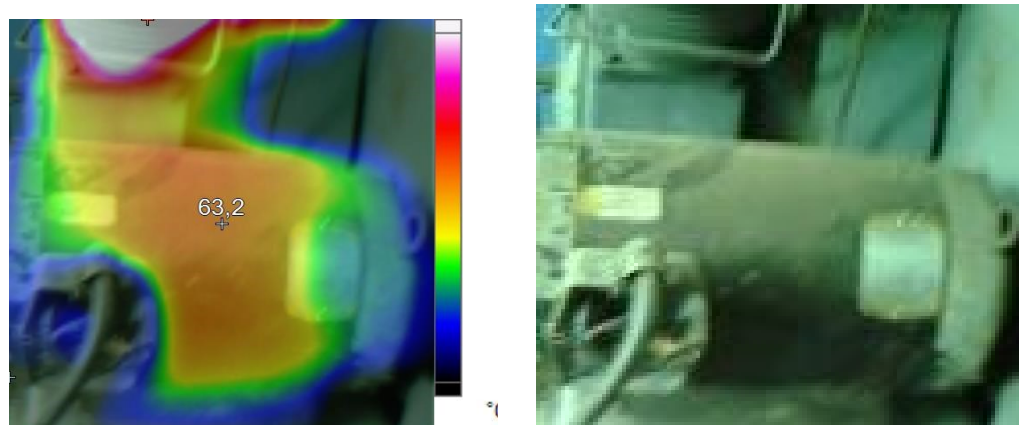


Ilustración 17. Mediciones termográficas del compresor

Se puede observar en esta parte del compresor ya se va incrementando la temperatura y llega hasta los 63.2 °C, por lo que se debe analizar las causas.

En general los paneles eléctricos se encuentran con temperaturas adecuadas entre 31 a 34 °C, pero es necesario darles un mantenimiento preventivo.

3.3 Opciones de mejora de eficiencia energética

Sistema de iluminación

Sustitución de iluminación actual por tecnología LED.

Situación actual: PIMA tiene iluminación interior actual obsoleta, tubos fluorescentes T12 de 40 W, 20W y bombillos incandescentes de 100W, así mismo iluminación exterior de 250 y 400W, lo que ocasionan un consumo considerable para el taller. En la tabla se muestra el consumo de energía actual, que equivale a **6,247.81 kWh/año**.

Tabla 9. Consumo actual de energía eléctrica para iluminación

ÁREA	Unidades	WATT Actual	Consumo Actual de Energía (kWh/año)	Demanda de Potencia Actual (kW)
Oficina	2	40	360.00	0.08
Taller	5	40	943.00	0.20
	4	20	377.20	0.08
Pasillos	3	40	564.48	0.12
	1	20	94.08	0.02
Bodega	2	40	336.00	0.08
	3	100	1,341.00	0.30
Exteriores	1	400	1,373.57	0.40
	1	250	858.48	0.25
TOTALES	22		6,247.81	18.36

Propuesta: Se propone la sustitución de esta iluminación por LED. Los resultados se muestran en la siguiente figura.

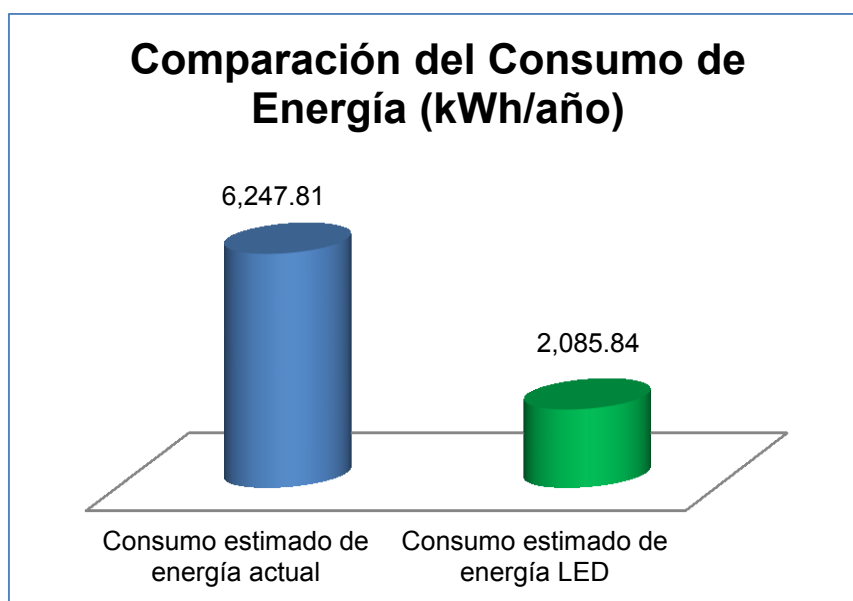


Ilustración 18. Comparación del consumo actual versus el consumo después de la implementación de la opción

Como se observa que el consumo de la energía se reduce el 76.6% del consumo actual. Es importante mencionar que hay ahorros por las pérdidas por balastros, ya que esta iluminación no necesita.

Beneficios económicos: Se reduce 4,786.75 kWh/año y 5.88 kW por demanda punta, equivalente a un ahorro económico de USD 1,471.47 al año, tomando en cuenta un costo de energía de USD 0.28 por kWh consumido y USD 22.31 por demanda por el tipo de tarifa.

Inversión: La inversión de esta tecnología es de **USD 1,161.10**. En la tabla se muestran los precios.

Tabla 10. Inversión en compra de iluminación LED

DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE ILUMINACIÓN ACTUAL	DESCRIPCIÓN EQUIPOS DE ILUMINACIÓN LED	UNIDADES	Precio LED	INVERSIÓN TOTAL (USD)
Tubos fluorescentes 40W	Led de 18 W	12	23.30	279.60
Bombillos exteriores de 400	Led de 80 W	1	384.75	384.75
Bombillos exteriores de 250	Led de 80 W	1	384.75	384.75
Bombillos de 100 W	Led de 9W	3	14.00	42.00
Tubos fluorescentes 20W	Led de 9W	5	14.00	70.00
TOTALES		22		1,161.10

El análisis financiero se presenta en la siguiente tabla.

Periodo de recuperación	0.840
Tasa Interna de Retorno (TIR)	116.6%
Valor Presente Neto (VPN)	2,556.35
Costo de Oportunidad	25.0%

La inversión es rentable por que se recupera en aproximadamente 1 año.

Sistema de aire comprimido

El aire comprimido es un sistema vital para toda empresa productora, por lo que un sistema de aire comprimido, debe ser confiable y eficiente. En una empresa el aire comprimido es considerado un energético principal, es utilizado generalmente, como un medio de transmisión de energía para propósitos múltiples.

Situación actual: El compresor 440V consume el 8% del consumo total del generador que está instalado actualmente, el cual consume **1,958.20 kWh/año**. El compresor es marca INGERSOLL RAND de 15 HP 230/460V, 50CFM y 175 PSI.



Ilustración 19. Datos de placa del compresor 440V

Este compresor es de pistón el cual hace una aplicación de calidad y demanda de aire relativamente baja y hace del compresor la opción más económica e ineficiente.

Propuesta: Para el mejoramiento del sistema compresión se cuenta con dos alternativas.

Alternativa A: Sustitución del compresor actual de pistón por un compresor de tornillo.

Los compresores de tornillos tienen ciclos de trabajo permisibles de 100% y pueden operar continuamente si existe la necesidad. Estos compresores son más eficientes, ya que no necesitan ser sobredimensionados para compensar el ciclo de trabajo limitado, o sea que una unidad de menor potencia reduce la electricidad y reduce los costos operativos.

Beneficios: Las ventajas de los compresores de tornillos normalmente entregan más aire por unidad de energía de entrada que los de pistones. Los compresores de pistón nuevos generalmente entregan de 3 a 4 CFM por HP y

los compresores de tornillo entregan de 4 a 5 CFM por HP, un 33% más que el de pistón.

Alternativa B: Se propone colocar un variador de velocidad en el compresor actual. La variación de velocidad permite al compresor modular su funcionamiento adaptándose a las necesidades puntuales, proporcionando el caudal necesario en cada momento, variando la velocidad del motor, con lo que se reduce notablemente el consumo eléctrico de la instalación.

Con los variadores de velocidad se espera que haya una reducción del 30% del consumo energético.

Beneficios económicos: En la tabla se muestran los beneficios económicos.

Consumo actual de energía (kWh/año)	1,958.20
% ahorro con el variador	30%
Ahorro energético (kWh/año)	587.46
Ahorros económicos (USD)	164.49

Este ahorro sería si el compresor trabaja como lo está haciendo actualmente solo de día, si en algún momento el taller incrementa su producción y tiene que trabajar por las noches entonces podríamos asumir que también se reducirá el 30% de la demanda punta que equivale a 4.07 kW (48.95kW/año) y una reducción en costos de **USD 1,092.19**, asumiendo un costo de USD 22.31/kW.

Sistema eléctrico

Transformador eléctrico.

Instalación de un nuevo banco de transformadores que alimente a los equipos 110, 220 y 440V, con este transformador se va a eliminar el generador que trabaja con diesel y se independizara los equipos conectados en 110 y 220V.

En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos 440V

Tabla 11. Potencia de los equipos 440V

Equipo	Potencia de chapa (kW)
Extractor de Viruta	11.22
Compresor	11.19
Sierra Vertical	3.00
Canteadora T54	6.72
Fresadora T27	11.52
Regruesadora T45	14.40
Encuadradora T74	10.12
RONDAMAT T 960	1.30
WEINING 400 XL	
TOTAL POTENCIA INSTALADA 440	69.47
Cantidad de veces que se incrementa A en el arranque	5 veces
Potencia (kW)	347.35
Tamaño del transformador (KVA)	434.18

En la siguiente tabla se muestra la potencia de los equipos monofásicos

Tabla 12. Potencia de equipos 110 y 220V

Equipo	Potencia Instalada (kW)
A/C	1.70
Compresor	3.36
Sierra de Banco	2.37
Iluminación Exterior	0.85
iluminación interior	1.53
Otros equipos	59.80
Total	69.61

La suma de esta dos potencia nos da como resultados un transformador de:

$$434.18 \text{ KVA} + 69.61 \text{ KVA} = 503.8 \text{ KVA}.$$

Banco de transformadores recomendado: 500 KVA. Ver en el anexo VI la cotización del transformador.

Inversión: El costo de 3 transformadores de 167 KVA es de USD 11,496.95.

Con respecto al sistema eléctrico es necesario realizar un plan de mantenimiento al sistema de eléctrico, con una inspección sistemática en todas las instalaciones para detectar oportunamente cualquier desgaste o roturas. El mantenimiento integra un plan de acción integral donde se pueda asesorar en la compra de nuevos elementos, realizar historiales de mediciones, inventario de equipos, inventario de repuestos y suministros.

Existen varios mantenimientos como el rutinario, correctivo, programado, preventivo y predictivo. Se recomienda el mantenimiento preventivo y el predictivos; en éstos no es necesario cortar el servicio y sirven para mejorar la operatividad de los equipos.

Dentro de las actividades que se recomienda en un mantenimiento preventivo son las siguientes:

Mantenimiento a gabinete de subestación eléctrica. Consiste en la revisión física, limpieza, lubricación, apriete de conexiones, así como pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas. Esto se debe realiza utilizando el equipo de seguridad y herramientas adecuadas.

Mantenimiento a transformador. El servicio consiste en la inspección física del transformador, así como pruebas de resistencia de aislamiento, relación de transformación, resistencia óhmica, factor de potencia y resistencia a tierra. También realizar limpieza y ajustes mecánicos en el transformador. Se debe

rotular según el área, carga conectada y crear hojas de registro de cada transformador con el tipo de mantenimiento realizado.

Mantenimiento a tablero de distribución. Con el fin de conservar en buen estado funcional los interruptores, contactos y, en general, todos los elementos que integran un tablero, se realiza el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la revisión física, limpieza general, reapriete de conexiones, así como pruebas mecánicas y eléctricas (resistencia de aislamiento y resistencia de contacto). Nombrar cada panel según su área, carga o especificaciones propias del panel y crear hojas de registro para cada panel.

Es importante que se realice un balanceo de carga para evitar las pérdidas de potencia y energía, recalentamiento de máquinas y sistema.

Cálculo del número de luminarias

El número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la siguiente manera:

$$N = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot l \cdot CU \cdot FPT}$$

Dónde:

N= Número de luminarias o unidades de alumbrado.

E= Iluminación requerida.

S= Superficie.

Φ = Flujo luminoso por lámpara.

L= Número de lámparas por luminaria.

Alimentación y control.

La alimentación de una instalación de alumbrado se refiere al circuito derivado por el que se envía energía eléctrica a cada unidad de iluminación. El tipo de conexión utilizado es el que se conoce como alimentador con cargas distribuidas. Este tipo de circuitos se calcula de acuerdo con la metodología propuesta en el capítulo 5. La alimentación a cargas de alumbrado se hace casi siempre en forma radial.

Por control del alumbrado se entienden las provisiones necesarias para lograr encender y apagar las unidades de alumbrado. Este control se puede realizar de distintas maneras tomando en cuenta el área por controlar, las actividades

desarrolladas, los requerimientos de control y la facilidad y comodidad de acceso.

Las naves industriales y los alumbrados exteriores -cercas perimetrales, estacionamientos ,accesos, patios de maniobra y otros- se acostumbran controlar directamente desde el tablero o centro de carga que los alimenta a través de los interruptores correspondientes o los termomagnéticos que protegen los circuitos.

Las oficinas, habitaciones, salones de clase y recintos de actividades privadas o de grupos restringidos se controlan con apagadores propios. El uso de apagadores particulares, por circuitos alternados o grupos de luminarias, implica un mayor gasto de instalación, pero permite el uso racional de la energía eléctrica, ya que pueden encenderse solamente aquellas unidades que se requieren en el momento.

El apagador es un aparato de tipo electromecánico que interrumpe la corriente eléctrica. Se especifica para una corriente y voltaje nominales y para una cantidad de operaciones. La vida de un apagador se acorta sustancialmente si se utiliza para corrientes mayores a la nominal.

Memoria de cálculo (Numero de luminaria por área)

Área de administración:

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	8.59 m	Techo	70%
Ancho	7.44 m	Paredes	50%
Área	63.9096 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(63.9096)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)} = 8$$

Área de bodega sección 1

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	8.97m	Techo	70%
Ancho	7.31 m	Paredes	50%
Área	65.5707 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(65.5707)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=8$$

Área de bodega sección 2

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	8.97m	Techo	70%
Ancho	7.31 m	Paredes	50%
Área	65.5707 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(65.5707)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=8$$

Área de Sala de afilado

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área baño de mujeres

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área baño de varones

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área de taller maquina Otto Martin

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	8.59 m	Techo	70%
Ancho	7.44 m	Paredes	50%
Área	63.9096 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(63.9096)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=8$$

Área de taller maquina Weinig

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	8.59 m	Techo	70%
Ancho	7.44 m	Paredes	50%
Área	63.9096 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(63.9096)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)} = 8$$

Área de pasillo sección A

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)} = 3$$

Área de pasillo sección B

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)} = 3$$

Área de pasillo sección C

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área de pasillo sección D

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área de pasillo sección E

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)}=3$$

Área de pasillo sección F

Datos del local			
Dimensiones		Superficie de reflexión	
Longitud	12m	Techo	70%
Ancho	2.24m	Paredes	50%
Área	26.88 m ²	Pisos	30%
CU	0.86	FTP	0.50

$$N = \frac{250lux(26.88)}{(2350)(2)(0.86)(0.50)} = 3$$

Calculo de cableado y caída de tensión

Área de administración CK1, CK2, CK3

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.096\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.096\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

Bodega; (CK3), (PS2)

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [6.8]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

Área de bodega CK4, CK5, CK6

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [5.71]$$

$$e = 0.025\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.096\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

Área de baños CK7, CK8

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.096\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

Área de pasillos Alimentación para maquinas pequeñas CK7, CK8, CK9, CK10, CK11, CK12

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 1.92 + 3 * 1.5 + 2 * 1.93 + 1 * 3.72]$$

$$e = 0.096\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [3 * 3.20 + 2 * 3.20 + 1 * 3.2038]$$

$$e = 0.089\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [5.71]$$

$$e = 0.025\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 2.28 + 3 * 3.84 + 2 * 2.78 + 1 * 3.79]$$

$$e = 0.1313\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

$$e = \frac{(2)(2)(54)}{(3.31)(120)^2} * [4 * 2.28 + 3 * 3.84 + 2 * 2.78 + 1 * 5.30]$$

$$e = 0.1382\%$$

Selección de cableado No 12; (THWN).

CONCLUSIONES

Antes de iniciar un estudio de consumo y ahorro energético es imprescindible tener datos estadísticos precisos del consumo energético, datos de varios años que permitan detectar las debilidades y puntos fuertes en los edificios. Llevar un seguimiento con un mejor control nos proporcionará información para la toma de decisiones. Así mismo se deben disponer de indicadores de uso intensivo de la energía, tanto para la situación antes de iniciar la implementación de las medidas de ahorro y el indicador después de la implementación, para determinar el porcentaje de ahorro.

Para determinar los beneficios económicos reales por la implementación de opciones de eficiencia energética se debe de contar con historial de facturas eléctricas, con el propósito de cuantificar el costo por consumo de energía y demanda punta.

Con las mediciones las mediciones eléctricas se identificaron los mayores consumidores, los cuales son extractor de viruta, iluminación, compresor 440V y aire acondicionado. Las opciones de mejoran se concentraron en reducir el consumo de estos equipos mediante opciones de eficiencia energética.

Del análisis del generador y transformador se identificó que el generador es 71% más pequeño de lo que se requiere, en cuanto al transformador se encuentra con la dimensión adecuada, debido a que no solo el PIMA está conectado a él, por lo que se llega a la conclusión que se necesita un transformador de 500 KVA para alimentar equipos monofásicos y trifásicos.

El concepto de mejora continua lleva asociada la necesidad de registrar la información para su posterior análisis, de forma que se pueda comprobar si se están cumpliendo los objetivos marcados, y realizar un seguimiento de los planes de acción de mejora para el ahorro energético en una empresa.

El esquema básico de la planificación de la gestión energética se fundamenta en el estudio de los usos y consumos de energía, la identificación de las fuentes de energía y de las variables que afectan al uso de la energía. Requiere una revisión energética en el que el análisis de los usos y consumos de energía nos identifique las áreas de uso y consumos significativos de energía y nos permita proponer oportunidades para la mejora de la eficiencia energética.

RECOMENDACIONES

- Mejorar los niveles de iluminación de los puestos de trabajo, lo que permitirá que los colaboradores ejecuten sus labores de forma eficiente y segura, el cual es de mucha importancia por la actividad que realizan
- Realizar un plan de mantenimientos de mantenimiento del transformador, generador, panales eléctricos y equipos consumidores de energía eléctrica.

Los pasos para realizar el plan de mantenimiento son los siguientes:

- b) Analizar los aspectos organizativos administrativos operativos para el establecimiento de un mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - c) Desarrollar el manual de mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - d) Establecer los procedimientos del mantenimiento preventivo de los equipos.
 - e) Redactar el instructivo del mantenimiento preventivo que debe ser desarrollado en los equipos eléctricos.
 - f) Establecer los formatos de registros de planificación, supervisión y control del mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos.
 - g) Desarrollar el plan anual de mantenimiento preventivo para los equipos eléctricos.
 - h) Realizar el cronograma que indica la frecuencia en que se va a realizar los trabajos de mantenimiento y se delegan las responsabilidades.
-
- Llevar registro consumo eléctrico (kWh/mes), demanda punta (kW) y los costos asociados a estos, para realizar una mejor toma de decisiones en la optimización del consumo energético del taller.

BIBLIOGRAFIA

- Gusow Milton, Fundamentos de electricidad, McGrawHill.
- Ivanov-Smolenski, Maquinas Eléctricas, Mir. Moscú.
- IBERDROLA. Eficiencia Energética, Proyectos de Eficiencia Energética Junio 2014.
- Lewis Morales, Monografía “Balance de carga y propuesta de mejora en el uso eficiente de la energía en el Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (RUPAP) y Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el año 2014-2015”.
- Gilberto Enríquez Harper, Curso de máquinas de corriente continua, 1984 Editorial Limosa, S.A.
- Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la investigación científica, McGrawHill.
- Wolfgang Müller, Electrotecnia de potencia, 1987 Editorial Reverte, S.A

ANEXOS

Anexo II: Inventario de equipos eléctricos.

Equipos 110 y 220V

CODIGO	EQUIPO	A	V	POTENCIA ELECTRICA KW
07-2-1-1-12-7-55-001	REBAJADORA DE COLUMNAS	18	120	2.237
	FRESADORA	5.6	120	0.672
	CEPILLADORA	6	120	0.72
	TALADRO 1/2		120	
07-2-1-1-07-7-52-002	TALADRO 1/2 BATERIA	2	18	0.036
07-2-1-1-12-7-74-001	COMPRESOR 60 GLNS	30	120	
07-2-1-1-12-7-34-01	ESMERIL 8 PLG	4.6	120	0.56
	TALADRO DE BANCO 5/8	4.6	120	0.56
	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
	TALARO Y SIERRA	18.6	120	2.24
	SIERRA DE CINTA 18''	20.75	120	2.491
	TORNO	7.5	120	0.9
	TROMPO REBAJADOR 1/2 ''	6.16	120	0.747
	SIERRA	15	120	1.8
	CANTEADORA CEPILLADORA	6	120	0.746
07-2-1-1-12-11-36-01	SIERRA INGLOTE	15	120	1.8
07-2-1-1-12-7-31-02	CEPILLADOR PORTATIL	15	120	1.8
07-2-1-1-12-7-33-01	SIERRA CALADORA	1.5	120	0.18
07-2-1-1-12-7-76-01	COMPRESOR 24 LTS	12.5	120	1.5
	SIERRA	5.5	120	0.66
	ESMERILADOR ANGULAR	18	120	2.2
07-2-1-1-12-7-54-2	ESMERILADOR ANGULAR	7	120	0.85
	CIRCULAR	15	120	1.8
07-1-1-1-07-7-47-1	SIERRA CALADORA	10	120	1.2
07-2-1-1-12-7-80-01	LIJADORA DE BANDA Y DISCO	4	120	0.49
	TALADRO 1/2	10	120	1.2
	TALADRO DE 1/2 BATERIA	0.6	120	0.08
07-2-1-1-12-7-54-02	ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
07-2-1-1-12-07-53	ESMERILADORA ANGULAR	2.4	120	0.288
07-2-1-1-12-7-55-02	SIERRA CIRCULAR DE BATERIA	0.25	120	0.03
07-2-1-1-12-7-54-01	ESMERILADORA CIRCULAR	3	120	0.36
	TALADRO 3/8 BATERIA	0.25	120	0.03
07-2-1-1-12-7-55-001	ESMERILADORA ANGULAR	2.4	120	0.288
	TALADRO 3/8		120	
	TALADRO 1/2 BATERIA	0.6	120	0.08
	ESMERILADORA	15	120	1.8
	CIRCULAR	15	120	1.8
	REFRIGERADOR		120	15.83
	BATERIA	3	120	0.4
	ABANICO	0.5	120	0.065
	ABANICO	0.5	120	0.065

“Auditoria energética en las instalaciones eléctricas del taller escuela, Instituto Forestal e Industrial Latinoamericano (INFIL), correspondiente al periodo 2017”.

	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
	IMPRESORA	0.5	100	0.05
07-1-1-1-07-10-3-68	BATERIA	3	120	0.4
	CPU		120	
07-1-10-1-10-1-05-003	MONITOR	0.7	100	0.07
07-1-1-1-18-10-1-139	CPU		120	
07-1-1-1-12-10-1-139	MONITOR		120	
07-1-1-09-08-01-10-3-387	BATERIA	0.7	120	0.4
	COMPUTADORA PORTATIL	0.5	120	0.065
07-1-1-1-12-10-1-138	MONITOR		120	
	AA SPLIT 36000 BTU	15	230	

Equipo	V total	A prom	P (kW)
A/C	237.7	7.15	1.70
Compresor	235.5	14.25	3.36
Sierra de Banco	233.5	10.15	2.37
Iluminación Exterior	233.5	3.65	0.85
Iluminación	118	13	1.53
sub panel	118	18	2.12

Equipos 440V

Equipo	Promedio A	Promedio V	Cos PHI	Potencia kW
Extractor de Viruta	24.4	440.0	0.89	16.6
Compresor	20.5	440.0	0.87	13.6
Sierra Vertical	2.6	440.0	0.88	1.7
Canteadora T54	4.1	440.0	0.87	2.7
Fresadora T27	6.2	440.0	0.87	4.1
Regruesadora T45	7.3	440.0	0.87	4.8
Encuadradora T74	5.9	440.0	0.84	3.8

Anexo III: Calculo de distribución de consumo de energía

Equipo	V total	A prom	P (kW)	Horas de uso	Consumo kWh/mes
A/C	237.7	7.15	1.70	120	203.95
Compresor	235.5	14.25	3.36	70	234.91
Sierra de Banco	233.5	10.15	2.37	40	94.80
Iluminación Exterior	233.5	3.65	0.85	240	204.55
Iluminación	118	13	1.53	240	368.16
Otros equipos	118	18	2.12	180	382.32
TOTAL					1,488.68

Equipo	Promedio A	Promedio V	Cos PHI	Potencia kW	Horas uso	Consumo kW/mes
Extractor de Viruta	24.4	440.0	0.89	16.6	39.4	651.8
Compresor	20.5	440.0	0.87	13.6	30.6	415.8
Sierra Vertical	2.6	440.0	0.88	1.7	14.0	24.1
Canteadora T54	4.1	440.0	0.87	2.7	26.3	71.3
Fresadora T27	6.2	440.0	0.87	4.1	26.3	107.2
Regruesadora T45	7.3	440.0	0.87	4.8	17.5	84.6
Encuadradora T74	5.9	440.0	0.84	3.8	14.0	52.5
TOTAL				47.2		1,407.19